



Samuli Helama & Jari Holopainen

Ilmastonmuutos ja puhdas maantiede

Lähiö, maisema ja kartografia J.G. Granön teorian kontekstissa

Climate change and pure geography: proximity, landscape and cartography in the context of J.G. Granö's theory

J.G. Granö (1882–1956) was a Finnish geographer who created the theory of “pure geography”. This theory divided the human perceptual environment into the proximity and the landscape, whereby people interact directly with objects in the proximity while the landscape is perceived mainly through vision, remaining at a distance. This article reviews literature exemplifying the influence of climate change on the proximity and the landscape, with emphasis on the Finnish context. The theory assists us to suggest that the direct and indirect influences due to climate change will primarily be perceived in the proximity and the landscape, respectively. Cartographical approach is applied to a global network of temperature observations to define the areas of the Earth's surface with expectably homogenous climate change regimes. The output of this analysis shows the spatial extents of warming and cooling regions. On global scale, Finland belongs to the area of intensive warming. This makes it realistic to foresee the anticipated changes in the proximity and the landscape. Mountainous landscapes will likely experience strongest change. We also hypothesize that climate change may influence the human perceptual environment, albeit to a likely smaller degree, by influencing the way we perceive the environment, due to human physiology.

Keywords: climate change, landscape, pure geography

Johdanto

Johannes Gabriel Granö (1882–1956) toimi Tarton (1919–1923), Helsingin (1923–1926 ja 1945–1950) ja Turun (1926–1945) yliopistojen maantieteen professorina. Granö tunnetaan erityisesti teoriastaan ihmisen aistiympäristöistä, joiden tieteellinen havainnointi mahdollistaa ympäristöllisesti yhtenäisten alueiden luokittelun sekä maantieteellisten aluejakojen muodostamisen. Teorian yksiin kansiin kokoava teos *Puhdas maantiede* on julkaistu saksaksi (Granö 1929), suomeksi (Granö 1930) ja englanniksi (Granö 1997). Tässä artikkelissa tarkastelemme ilmastonmuutosta ja sen suoranaisten ja välillisten vaikutusten merkittävyyttä aistiympäristöihimme, nimenomaisesti Granön esittämän maantieteellisen teorian valossa.

Ilmastonmuutos on aikamme yksi tärkeimmistä monitieteellisistä tutkimuskysymyksistä ja -kohteista. Vaikka ilmastonmuutos on ennen kaikkea klimatologian eli ilmasto-opin alaan kuuluva tutkimusaihepiiri, edellyttää sen vaikutusten arviointi sekä vaikutuksiin sopeutuminen monien eri tieteenalojen osallisuutta, yhteiskunnallisia ja poliittisia toimia (IPCC 2007). On myös huomattava, ettei ilmastonmuutos ole muutosta pelkästään ilmakehässä ajan suhteen, vaan myös maanpinnan ympäristössä (Walther *et al.* 2002; Parmesan & Yohe 2003; Rosenzweig *et al.* 2008). Siten ilmastomuutoksella on aivan erityinen vaikutuksensa

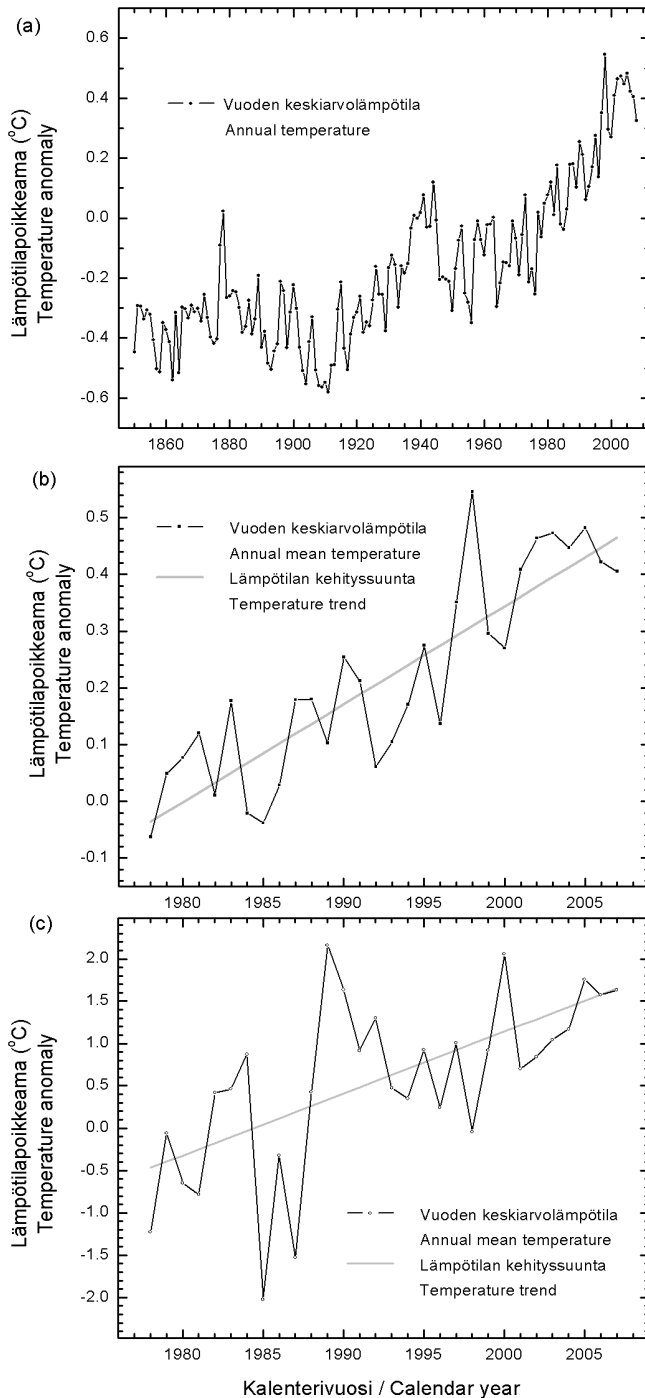
myös maantieteellisille tutkimuskohteille ja maantieteelliselle tutkimukselle.

Granön teos *Puhdas maantiede* (Granö 1930) julkaistiin kahdeksan vuosikymmentä sitten, minkä jälkeen se on inspiroinut ja ohjannut monia tutkijapolvia (Granö & Paasi 1997). Granön mukaan maantiede on omaleimaisimmillaan oppi ihmisen aistiympäristöistä ja niiden määrittämistä maanpinnan alueista (Granö 1930: 33), jotka puolestaan ovat saatavissa selville aistimin, kojein, sanoin, kuvin ja kartoin (Granö 1930: 2). Toisaalta voidaan maantieteellinen kuvaus, määrittely ja rajoitus, saada täsmälliseksi nimenomaan näitä tarkoituksia varten laaditun deskriptiivisen järjestelmän, siihen liittyvän tarkan nimistön sekä kartografisen esitystavan avulla (Granö 1930: III–IV). Näistä lähtökohdista käsin myös me etenemme tässä artikkelissa. Tarkastelun ensimmäisessä osassa käytämme Granön (1930) luomaa deskriptiivistä järjestelmää sekä nimistöä arvioidaksemme ilmastonmuutoksen vaikutuksia tieteellisesti havainnoitavaan ympäristöön, erityisesti lähiöön ja maisemaan. Tarkastelumme toisessa osassa sovellamme *Puhtaan maantieteen* kvantitatiivisinta ja teoreettisinta (Paasi 1982: 152) menetelmäosiota, kartografista lähestymistapaa, määritelläksemme, rajataksemme ja käsitelläksemme ilmastonmuutoksen eriluonteisten vaikutusalueiden muodostamien alueyksyyksien (Granö 1930: 2, 33) esiintymislaajuuksia ja luonteenpiirteitä. Deskriptiivisen ja kvantitatiivisen osuuden välinen vuorovaikutus tulee parhaiten ymmärrettäväksi aluetasolla. Vaikka jokainen meistä on suhteessa ilmastonmuutokseen tietyssä paikassa (Holopainen & Helama 2009), onnistuu ilmastonmuutoksen kokonaiskuvan hahmottaminen asianmukaisimmin globaalilla tasolla (Karl & Trenberth 2003). Niin ikään deskriptiivisestä teoriaosuudesta (ihmisen aistiympäristöistä) seuraa havaitsemisen välttämätön paikkasidonnaisuus, mutta mitä laajempi tutkimusalue on, sitä välttämättömämmäksi kartografiset menetelmät muodostuvat (Granö 1930: 133). *Puhdas maantiede* toimii artikkelimme menetelmällisenä välineenä, joka ydistää aluetasoa ja joka siten sangen osuvasti soveltuu juuri ilmastonmuutoksellisen tutkimuksen vaatimaan maantieteelliseen tarkasteluun.

Ilmastonmuutoksella ymmärretään tavallisimmin muutosta keskimääräisessä lämpötilassa (IPCC 2007). Lämpötilan kehitystä mitataan tyypillisesti meteorologisilla havaintoasemilla kahden metrin korkeudella maanpinnan tasosta (Heino 1994: 33; Saltikoff 2008: 84). Tehdyt mittahavainnot osoittavat, että maapallon lämpötila on ollut nousussa viimeisen puolentoista

vuosisadan ajan (Kuva 1a), mutta aivan erityisen selkeästi 1970-luvulta kohti nykyhetkeä (Kuva 1b). Muutos on ollut samansuuntainen ja -tapainen lämpötilojen osalta myös Suomen alueella (Kuva 1c). Aistiympäristömme kokonaisuuden ja nimenomaisesti sen ajallisen ulottuvuuden määrää pääasiassa elinikäme (Granö 1930: 7). Koska ilmastonmuutoksen merkittävin vaihe osuu yksin oman elinikäme kanssa, voidaan todeta, että juuri omalla sukupolvellamme on oma, ainutlaatuinen erityisasemansa ilmastonmuutokseen kohdistuvassa tutkimuksessa. Tutkittavamme oleva kokonaisuus muodostuu seitsemästä maantieteellisestä aineksesta, joita ovat maakamara, vesi, ilma, kasvillisuus, eläinkunta, ihmiskunta ja tekoaines (Granö 1930: 10). Seuraavassa käymme läpi näiden aineiden ja ilmastonmuutoksen välisiä suhteita. Erityisesti paneudumme niihin ilmastonmuutoksen vaikutuksiin, joiden voidaan ajatella aiheuttavan oleellisia muutoksia aistiympäristömme osatekijöissä ja aluekokonaisuuksissa sekä niiden havainnoinnissa. Olemme toki tietoisia siitä, ettei esitetty katsaus voi mitenkään olla täydellinen listaus ilmastonmuutoksen vaikutuksista aistiympäristömme kannalta. Sellaiseksi emme sitä edes ole yrittäneet pinota; sitä vastoin esiin nousseita asioita on ohjannut viimeaikainen käsitys ilmastonmuutokseen liittyvistä seuraussuhteista (IPCC 2007) sekä nimenomaan itse *Puhtaan maantieteen* teoria. Tästä synteesisistä esimerkkinä käy eräs pohjoisen ympäristömme erityispiirteistä, sen muuttuminen vuodenaikojen voimakkaan vaihtelun mukaisesti: ilmiö, jonka merkitystä myös Granö (1930) monin esimerkein valotti. Tämä yhteys on huomioitu myös viimeaikaisessa tutkimuksessa (Palang *et al.* 2007: 8).

Kuten mainittu, on Granön (1930) teorialla ollut merkittävä vaikutuksensa jo monille tutkijapolville (Granö & Paasi 1997). Anssi Paasi (1982;1984) tarkasteli puhtaan maantieteen teoriaa sitä myöhemmin seuranneiden behavioraalisen maantieteen ja perseptiomaantieteen lähtökohdista, mutta pääosin hän hylkäsi ajatuksen J.G. Granöstä kyseisten alojen edustajana. Paasin (1982, 1984) päättely perustui Granön tapaan korostaa aistiympäristöjen luonnontieteellistä luonnetta (Paasi 1982: 143) sekä ankaraa ja jopa ehdotonta pyrkimystä objektiivisuuteen, minkä vaikutuksesta Granön maantiede muodostuu korostetun empiristiseksi (Paasi 1982: 150–152). Nämä seikat etäännyttävät Granön (1930) teoriaa humanistisesta maantieteestä. Teoria lähentyisikin nimenomaan muiden luonnontieteiden, esimerkiksi maisemaekologian (Linkola 2005) kanssa. Pidämme



Kuva 1. Ilmastonmuutos globaalin lämpötila-aikasarjan keinoin lämpötilapoikkeamina vuosien 1961–1990 tasosta esitettyinä. Nykyhetken lämpötilakehitys globaalilla tasolla (b) ja Suomen alueella (70–60°N, 20–30°E) (c). Datalähteenä kuvassa Brohan et al. (2005).

Figure 1. Climate change as described by the global temperature time series (centigrade) at annual resolution since 1850, shown as anomalies from the normal period 1961–1990 (a). The ongoing trends in global (b) and Finnish (70–60°N, 20–30°E) (c) temperatures. The data comes from Brohan et al. (2005).

tätä ajattelutapaa punaisena lankana myös omassa työssämme käsitellessämme *Puhtaan maantieteen* teoriaa sen alkuperäisestä, Granön (1930) omien periaatteiden mukaisesti enemmänkin luonnontieteellisestä näkökulmasta, emme käsitteellisenä apuvälineenä.

Lähiö

Lähiöön kuuluu kaikin aistimin havaittava lähin ympäristö. Se on siis ihmistä lähinnä oleva ympäristön osa. (Granö 1930: 111.) Granö jakoi lähiön lähinäkömään, ympäräeseen ja alustaan (Granö 1930: 18). Ensimmäisen hän totesi olevan metodisesti maiseman kaltainen (Granö 1930: 114). Jäljempään sensijaan kuuluvat kuulo-, haisti- sekä tuntoilmentymät.

Maantieteellisen tutkimuksen kannalta ilmakehän muutoksista tärkeimpiä ovat ne, jotka tapahtuvat sen alimman kerroksen ominaisuuksissa ja jotka erityisen suoranaisesti liittyvät moninaiisiin tuntoilmentymiimme. Ilmentymät näissä ominaisuuksissa liittyvät pääasiassa meteorologian ja klimatologian piiriin (Granö 1930: 124), ja jo näiden tieteenalojen tuottamat havaintosarjat sisältävät merkittävän määrän maantieteelliselle tutkimukselle soveltuvaa tietoa (Granö 1930: 125). Kuten Granö itse totesi, luovat juuri ilmastolliset elementit yhtenäisyyttä määrältään laajoja homogeenisia lähiötieteellisiä alueita, joiden muotoutumiselle ilmastovyöhykkeet luovat pohjaa (Granö 1930: 29). Siinä missä ilmastomuutoksen voidaan ajatella muokkaavan eri alueiden paikallismastoja, on näiden havainnointi maantieteellisen tarkastelun kohdetutkimusta omimmillaan (Granö 1930: 124). Ilmastomuutoksen suhteen on ennustettu, että keskimääräisen lämpenemisen lisäksi erityisen äärimmäiset lämpötilaolot saattavat yleistyä (Meehl & Tebaldi 2004). Tässä yhteydessä on huomionarvoista se, että ihmiskehon fysiologinen toimintakyky muuttuu lämpötilaolojen myötä, mikä puolestaan muuttaa toimintakykyämme mukaanlukien ainakin tarkkaavaisuus-, hahmotamis- ja päättelykykyyn, matemaattiset taidot sekä oppimis- ja muistamisherkkyiden. Lisäksi toimintakyky muuttuu ympäröivän lämpötilan mukana asteittain siten, että lämpeneminen ja viileneminen heikentävät kykyjämme sitä enemmän mitä lämpimämmille tai kylmemmille oloille työskentelijä altistuu. (Hancock 1984; Pilcher *et al.* 2002.)

Äärimmäisten lämpötilojen lisäksi ovat lämpötilaolot myös tasaantuneet, sillä päivä- ja yölämpötilojen eron on havaittu pienentyneen niin meillä kuin muuallakin (Easterling *et al.* 1997; Tuomen-

virta *et al.* 2000; Tuomenvirta 2004: 25–38). Granön teoria painottaa maantieteilijää olemaan selvillä ympäristön ajallisista rytmistä (Granö 1930: 6, 23), ja vuorokauden sisäiset lämpötilamuutokset ovat rytmillisyytensä lyhytaikaisuudessa ihmisen tuntoaistimuksin havaittavissa oleva ilmentymä. Toisaalta on todettu edellä mainitun lämpötilan vuorokausiamplitudin madaltumisen johtuvan ainakin osaksi ilmakehän kosteita ilmassoja tuovien länsivirtausten voimistumisesta viimeisten vuosikymmenien aikana (Tuomenvirta 2004: 34, 71). Edelleen voidaan todeta, että ilmankosteus on puolestaan eräs tärkeimpiä ympäröivän tuntoilmentymiä (Granö 1930: 124).

Muuttuva ilmankosteus ei kuitenkaan vaikuta pelkästään tuntoilmentymiin. Kuten Granö painotti, tulisi maantieteessä käyttää hyväksi kaikkien aistien todistuksia (Granö 1930: 128), ja siten myös hajuilla on merkitystä lähiön määrittelyssä, eritoten kesäisin (Granö 1930: 129). Näin ollen voi lämpimään vuodenaikaan olla ilmankosteudella ja sen muuttumisella merkitystä siihen, kuinka ja missä suhteessa maaperistä tai kasvilajeista (Granö 1930: 127) peräisin olevat haisti-ilmentymät esiintyvät. Kuten mainittu, on ainakin Suomen oloissa nimenomaan kesä haisti-ilmentymien kannalta merkittävintä aikaa (Granö 1930: 129). Kesäisin maa on lumeton, mikä mahdollistaa maaperän haisti-ilmentymien voimistumisen; lisäksi talvisin haisti-ilmentymät ovat minimissään kasvillisuuden lepokauden ajan. Toisaalta ilmaston lämpeneminen on mitä todennäköisimmin jo pidentänyt ja tulee pidentämään lumetonta vuodenaikaa (Vehviläinen & Lohvansuu 1991) sekä termistä kasvukautta (Carter 1998; Jaagus *et al.* 2003). Tämä liittyy ainakin Suomen lämpötilaoloissa havaittuun kevätien lämpenemiseen (Tuomenvirta 2004; Holopainen *et al.* 2009). Niin ikään ilmastomuutoksen seurauksena, lämpimän vuodenajan pidetessä, voidaan haisti-ilmentymien intensiivimmän kauden olettaa vastaavasti venyvän.

Haisti- ja tuntoilmentymien lisäksi Granö huomioi myös kuuloilmentymät (Granö 1930: 125–126). Viimeaikainen tutkimus onkin huomioinut hänen ajatteluaan juuri tästä näkökulmasta (Hedfors 2003: 25–26, 40, 43; Matless 2005: 747). Kuten haisti-ilmentymien kohdalla, Granö painotti kesän merkitystä myös kuuloilmentymien esiintymisessä, mitä havainnollistaa luonnollisesti linnunlaulun vuodenaikariippuvuus (Granö 1930: 126). Ilmastomuutos voi näin ollen tuoda muutoksia kuuloilmentymiin kuten edellä haisti-ilmentymien kohdalla. Näin siksi, että myös lintujen vuodenaikaisrytmit voivat muuttua siinä missä

alueelliset lintulajisuhteetkin (Walther *et al.* 2002; Both *et al.* 2006). Tässä yhteydessä voi tuoda esiin myös talven merkityksen kuuluilmentymien kannalta; eritoten pakkasen vaikutuksen äänien havainnoimiseen. Mikäli pakkastalvet vähenevät ja talvet lauhtuvat, vähenevät myös pakkasen aikaansaamat äänet ”paukkumiseen”.

Lähion osatekijöistä voidaan vielä todeta alusta, jonka mahdollisina ominaisuuksina Granö mainitsee esimerkinomaisesti märkyyden, estävyuden, kantavuuden ja kaltevuuden (Granö 1930: 16). On selvää, että ilmastonmuutoksen vaikutukset alustaan ovat huomattavissa määrin vähäisempiä kuin lähinäkömään tai ympäreeeseen. Toki alustan märkyys saattaa olla paikoin riippuvainen esimerkiksi sateisuudesta. Ilmastolliset tekijät voivat vaikuttaa myös alustan kantavuuteen siellä missä suuret kosteusvaihtelut aiheuttavat alustan kantavuusmuutoksia. Ilmastollisten kuivuuskausien vastaava lisääntyminen (Helama *et al.* 2009b: 177) voi niin ikään vaikuttaa alustan ominaisuuksiin. Erityisen herkkiä tällaisille muutoksille ovat suot, joiden vedenpintatasojen tiedetään vaihdelleen menneisyyden sademäärävaihteluiden mukaisesti (Helama *et al.* 2009b: 176). Sademääriä koskevat ilmastonmuutosennusteet eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä. On arvioitu, että muutos vuotuisissa sademäärissä voi Suomessa olla 0–30 tai 5–40 prosenttia riippuen siitä, ennustetaanko muutosta 2050- vai 2080-luvulle saakka (Jylhä *et al.* 2004).

Maisema

Maisema on kaukoympäristö, lähiötä tuonnempaan sijaitseva ympäristömme osa. Granö totesi, ettei maisemaa voida havainnoida ilman valoa. (Granö 1930: 53). Tämä tekee maisemasta spesifisesti näköaistimuksiin perustuvan osan ympäristöämme. Todennäköisesti havaittavimmat ilmastonmuutoksen aikaansaamat muutokset maisemassa (toki myös lähinäkömässä) liittyvät värimuuttumaan (Granö 1930: 101) eli eroihin kesämaiseman ja talvimaiseman väreissä, joita hallitsevat lumen ja kasvillisuuden muuttuvat värit. Näihin vuodenaikaisiin rytmeihin, joilla on oleellinen merkitys maantieteellisessä havainnoinnissa (Granö 1930: 23), voi ilmastonmuutoksella jo nyt ja tulevaisuudessa olla merkitystä lumisuuden vähetessä ja termisen kasvukauden pidetessä (Vehviläinen & Lohvansuu 1991; Carter 1998; Jaagus *et al.* 2003). Erityisesti lumen aikaansaama valkeus ja vihantaajan vehreys saavat Suomessa aikaan maiseman vuodenaikojen värityksen, joiden ilmentymistä Kaikko (1945: 69) käytti oivallisesti nimityksiä

maiseman talvi ja maiseman kesä. Samantapaisesti vuodenaikojen vaihtelulla on merkitystä myös vesistöjen värimuuttumaan ja, jos mahdollista, enemmän kuin kasvillisuuden kohdalla.

Granön (1932: 92–93) mukaan sulan veden värialojen vapautuminen on käsitettävä suurimpana vuodenaikojen vaihtelun aikaansaamana erona ja maiseman luonnehtijana. Vesistöjen jäätymisistä ja jääpeitteiden sulamisista kertovat havaintosarjat osoittavat jääpeitteisen ajan lyhenevän (Seinä *et al.* 2001: 5; Korhonen 2005: 70–82), mikä voi ainakin osin liittyä yllämainittuun keväiden lämpenemiseen. Näillä seikolla on luonnollisesti suurin merkitys niin maisemassa kuin vuodenaikaisissa rytmeissä vesistöjen läheisyydessä. Havainnon merkittävyttä painottaa Granön laskelma, jonka mukaisesti vesi on määräävänä maisematyyppien aineksena lähes puolella (48 %) Suomen pinta-alasta (Granö 1932: 106). Suomen alueella onkin yhteensä 187 888 järveä, ja jokien (vähimmäisleveytenä 20 m) kokonaispituus on 14 550 km, mikä tekee sisävesien rantojen pituudeksi yhteensä noin 314 000 km (Kuusisto 2006: 49).

Kasvukauden ajallinen venyminen (Linderholm *et al.* 2008) ja siitä johtuva vehreän kesäkauden pidentyminen (Menzel & Fabian 1999) eivät ole ainoita kasvillisuuteen vaikuttavia lämpötilariippuvia muutoksia. Ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia lämpötilaloja kuvastavissa ilmastovyöhykkeissä (Kottek *et al.* 2006; Peel *et al.* 2007) sekä kasvillisuusvyöhykkeiden (Ahti *et al.* 1964, 1968) siirtymisen kohti napa-alueita (Parmesan & Yohe 2003). Tästä seuraavat muutokset kasvillisuudessa vaihtelevat suuresti alueittain, mutta muutokset maiseman lajisuhteissa ovat mitä todennäköisimmin havaittavissa useilla alueilla.

Suomessa kasvillisuus on määräävänä maisematyyppien aineksena noin viidenneksellä (21 %) maan pinta-alasta (Granö 1932: 107). Näin ollen myös kasvillisuusmuutoksilla voi olla laaja-alaisia maisemallisia vaikutuksia. Suhteellisesti suurimpia muutoksia kasvillisuudessa voidaan olettaa tapahtuvan tunturi- ja vuoristoalueilla, missä jopa varsinaiset kasvillisuuden aiheuttamat muotomuuttumat (Granö 1930: 99), muotoalueet ja -alat (Granö 1930: 143) voivat olla odotettuja ja huomattavia. Hyvänä esimerkkinä tästä voidaan mainita nykyisen Kilpisjärven käsivarren alue, jonka Granö (1932: 85) luokitteli omaksi seutukunnakseen, Enontekiön tunturimaaksi (Granön (1932) luokittelussa seutukunnat olivat maisemamorfologisesti yhteinäisiä alueita, yksityiskohtaisempia kuin maantieteelliset maakunnat mutta laajempia kuin maantieteelliset seudut). Alueen

maisemallisesta ilmastoherkkydestä on sinänsä osoituksena jo se, että Enontekiö sijaitsee kokonaisuudessaan metsänrajan pohjoispuolella (Granö 1932: 52) metsänrajan itsensä ollessa suoranaisesti ilmastollisten tekijäin aiheuttama (Granö 1932: 53). Ilmaston ollessa 6–4 tuhatta vuotta sitten kesien osalta vain joitain asteita lämpimämpi kuin nykyään kasvoi mänty alueella huomattavasti korkeammalla tunturien rinteillä ja jopa 80 kilometriä pohjoisempina kuin nykyään, mikä voidaan osoittaa paleobotanisten tutkimustulosten valossa (Helama *et al.* 2004: 252–253). Vastaavan suuruisen muutoksen tulevassa ilmastossa (Jylhä *et al.* 2004) aiheuttaisi todennäköisesti hyvinkin samansuuruisen muutoksen kasvillisuudessa, koivuvaltaisen tunturimaiseman muuttuessa metsikköisemmäksi, mäntyvaltaisemmaksi maisemaksi. Luoteis-Lapin maisematieteellisen maakunnan lisäksi samankaltaisia muutoksia olisi odotettavissa myös laajalti Taka-Lapissa, esimerkkinä Muotkatunturien–Tennon tunturimaan seutukunta (Granö 1932: 85). Puulajien väri- ja muotoeroavaisuuksien vuoksi tapahtuisi näin ollen hyvin laajan alueen maisemassa huomattavia väri- ja muotomuutoksia. Itse asiassa kyseisenkaltainen muutos saattaa hyvinkin olla jo käynnistynyt (Juntunen *et al.* 2002). Asian merkittävyyttä ei vähennä se, että Lapin maisemia on erityisen paljon kuvattu ja tulkittu niin maantieteellisessä kuin muussakin kirjallisuudessa (Piirola 1968; Linkola 1985) ja että ruska on alueen syysmaisemalle leimaa-antava piirre. Mikäli koivujen kullankeltainen väriiloisto vaihtuisi havujen pysyvän tummanvihreään väriin, olisi tällä suuri merkitys vuodenaikaismaisemille.

Vaikka ilmastonmuutosta tarkastellaan useimmiten juuri ilman lämpötilamuutosten suhteen, voi muutoksia tapahtua myös sateisuudessa (Hoerling *et al.* 2001). Sateisuuden vaihtelut liittyvät läheisesti myös muutoksiin pilvisyydessä, joista molemmat vaikuttavat suuresti taivaalla esiintyviin maisemamuotoihin (Granö 1930: 98). Vaikkakin vähäisempänä, vaikuttaa pilvisyys myös tähtitaiwaan ja revontulien esiintymistiheyksiin (Granö 1930: 97) ja näin ollen näiden lähinnä talvisten ilmentymien välittämiin aistimuksiin. Muutokset sateisuudessa voivat aiheuttaa muutoksia myös välillisesti kasvillisuudessa. Eritoten 2000-luvun alkuvuosien kuivilla ajanjaksoilla oli todennäköisesti merkitystä Suomen eteläosien alueellisissa puukuolemista (Ympäristöraportoinnin asiantuntijatryöryhmä 2004; Helama *et al.* 2009a). Mikäli ilmastolliset kuivuuskaudet tulevat entisestään lisääntymään (Helama *et al.* 2009b: 177), tulee tällä olemaan maisemallisia vaikutuksia mahdol-

listen puukuolemien lisääntyessä ja kuolleen puuston poiskeräyksen muuttaessa maiseman värejä ja muotoja, jopa valoisuutta. Edelleen nämä tapahtumat ja toimet muuttavat puuston tiheyttä, lajisuhteita ja talvisin nietostuvan lumen määrää.

Ilmastonmuutoksen yhteydessä ensisijaisin tekoaines, jolla Granö viittasi maantieteellisistä substansseista eläinten tai ihmisten muokkaamaan tai valmistamaan aineeseen (Granö 1930: 10), on antropogeenisesti tuotettu ilmakehän hiilidioksidi (Sawyer 1972). Sen sekä muiden kasvihuonekaasujen pitoisuuksien nousu ilmakehässä on kuitenkin ihmisen aistimien ulottumattomissa. Erikseen voidaan luokitella ilmastonmuutoksen hallinnan vaikutuksia maiseman tekemuotoihin. Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) neljäs arviointiraportti suosittelee ydinvoiman ja uusiutuvien energiamuotojen lisäämistä energiatuotannossa (IPCC 2007: 10). Uusiutuvien energiamuotojen intensiivisempi käyttöönnotto toisi suuria maisemallisia muutoksia alueille, jotka nähdään erityisen potentiaalisina esimerkiksi aurinko- ja tuulienergian tuotannon kannalta. Aurinkokennojen ja tuulivoimaloiden lisääntyvä rakentaminen muuttaa ympäristöä (Tsoutsos *et al.* 2005; Petersen & Malm 2006) sekä lisää ja monipuolistaa maiseman tekemuotoja. Mikäli aurinkokennoja rakennetaan talojen yhteyteen, ne muuttavat myös rakennusten kattomuotoja lisäten lapekatokkeiden, räystäskatokkeiden (Granö 1930: 91) ja mahdollisesti näiden moninaisten välimuotojen esiintymistä. Maisemallisen muutoksen lisäksi eritoten tuulivoimaloilla on myös muita vaikutuksia, jotka havaitaan maiseman ja ihmisen välitilassa, lähiössä, sillä tuulivoimalat aiheuttavat (liikkuvaa) varjostusta sekä matalataajuisia ääniä (Petersen & Malm 2006) vaikuttaen tätä kautta aistiympäristön kuulumaan (Granö 1930: 16). Ilmastolla lienee aivan toisenkaltainen vaikutus tekemuotoihin lumisuuden muutosten kautta. Kuten Kaikko (1945: 75) toteaa, voidaan tekemuotojen olettaa olevan talvisin enemmän paljastuneina lumisuuden vähetessä.

Näiden erityisesti ilmastonmuutoksen hillintään liittyvien seikkojen lisäksi voidaan mainita myös ilmastonmuutoksen vaikutuksiin sopeutumisesta aiheutuvat tekemuotojen muutokset maisemassa. Tulvien esiintyminen saattaa tulevaisuudessa muuttua, mikä kasvattaa vahinkoriskejä aivan vesistöjen tuntumassa sijaitseville rakenteille. Tilanteen on arvioitu muodostavan suuren haasteen kaupunkisuunnittelulle (Soini 2007: 46). Esimerkiksi Espoossa on ehdotettu tulvavaaran huomioimiseksi niin kiinteitä kuin siirreltäviä

tulvasuojia erityisille tulvavaara-alueille (Vepsäläinen *et al.* 2005: 16). Onkin mahdollista, että tulvasuojat tulevat muodostamaan ennennäkemättömiä tekemuotoja tulvavaara-alueiden maisemassa.

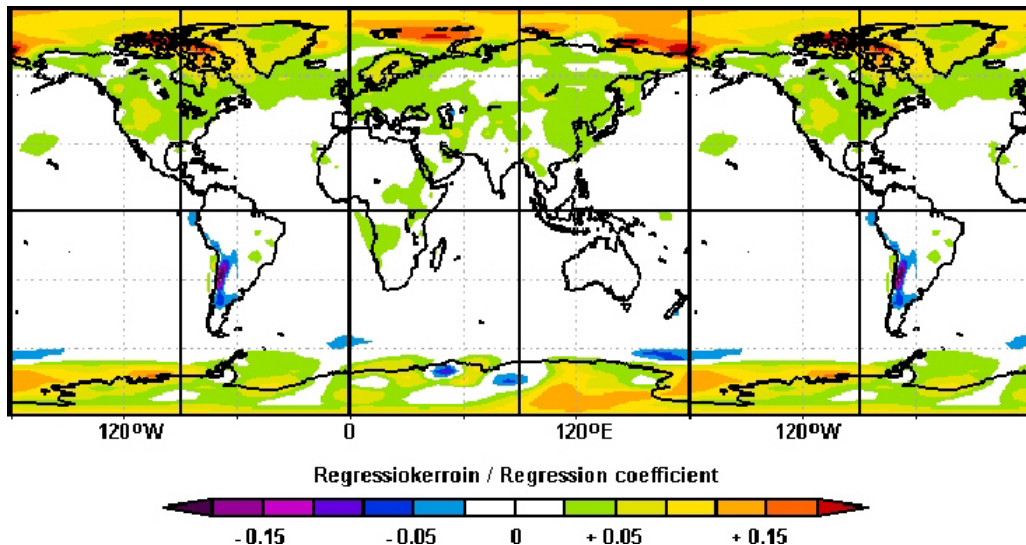
Kartografia

Tarkasteltuamme ensin ilmastomuutoksen vaikutuksia aistiympäristöön, lähiöön ja maisemaan, herää seuraavaksi kysymys ilmastomuutoksen, ja siten tekemämme tarkastelun, alueellisuudesta ja mahdollisesta aluejaosta (Granö 1930: 132). Edellä käsiteltiin ilmaston yleistä lämpenemistä sekä globaalitasolla että Suomessa (Kuva 1). Vaikka ilmastomuutoksen kehityssuunta olisi samankaltainen näillä alueilla, ei kuvan 1 osoittama tarkastelu tuota kokonaiskäsitystä ilmastomuutoksen mahdollisista alueellisista epäyhtenäisyyksistä. Ylipäätään ei ole realistista olettaa ilmastomuutoksen etenevän samankaltaisesti kaikkialla, mikä johtuu ilma- ja merivirtojen aikaansaamista alueellisista, joskin ilmastomuutoksesta osin erottamattomista vaihteluista: näistä merkittävimpiä ovat *El Niño* (Bakun 1990) ja Pohjois-Atlantin värähtely (Pohjois-Atlantin oskillaatio) (Paeth *et al.* 1999, 2003).

Ilmastomuutoksen kokonaiskuvan hahmottamiseksi voidaan sen vaikutuksia tarkastella perinpohjaisesti vain globaalilla tasolla (Karl &

Trenberth 2003). Mitä laajempi tutkimusalue, sitä välttämättömämmäksi muodostuvat kartografiset menetelmät (Granö 1930: 133). Tätä varten suoritimme ilman lämpötilan spatiaalisen kehityksen analyttisen tarkastelun lineaarisen regression avulla. Edellä esitetyt kuvat (1b ja 1c) esittivät samankaltaisen tarkastelun mutta vain ennakoita valituille ja rajatuille alueille. Molemmissa tapauksissa regressiosuora osoittaa lämpötilan ja ajan välisen yhteyden voimakkuuden sekä sen, onko yhteys positiivinen vai negatiivinen eli sen, onko ilmasto lämpenemässä vai kylmenemässä tarkastelun kohteena olevalla alueella. Vastaava tarkastelu suoritettiin saatavilla olevan ja maapallon pinnan kattavan paikallisten havaintosarjojen muodostaman verkoston (Kalnay *et al.* 1986) avulla. Regressiokerrointa käytettiin selittämään sitä, kuinka monta astetta lämpötila muuttuu kutakin kalenterivuotta kohti lineaarisen mallin mukaisesti. Tarkastelu suoritettiin käyttäen vuotuisia havaintoja viimeisen 30 vuoden ajalta (1978–2007). Näin aikaansaatu kartografinen tuloste esitetään hilaruudukkona $2,5 \times 2,5$ asteen tarkkuudella (Kuva 2).

Tulokset osoittavat ilmaston lämpenevän valtaosalla maanpallon pintaosista. Hilaruuduista 8226:n regressiokerroin on positiivinen ja 2286:n negatiivinen, mikä osoittaa ilmaston lämpenevän yli kahdella kolmasosalla ruuduista. Esitettyjen regressiokertoimien keskiarvo on noin +0,03,



Kuva 2. Lämpötilan muutos vuosien 1978 ja 2007 välillä regressiokertoimen keinoin kuvattuna. Lineaarinen regressio mallintaa lämpötilan havaittuja kehityssuuntia värein havainnollistettuna (Celsius-astetta per kalenterivuosi). Datalähteenä kuvissa Kalnay *et al.* (1986).

Figure 2. Temperature change (1978–2007) illustrated by regression coefficient. Linear regression models the trends in temperature shown using colour scale (centigrade per calendar year). The data comes from Kalnay *et al.* (1986).

mikä osaltaan viittaisi ilmaston lämpenemisen olevan viilenemistä laaja-alaisempi ja voimakkaampi muutos. Lämpenevät alueet muodostavat laajoja kokonaisuuksia, joita voisi luonnehtia ilmastonmuutoksen suhteen yhtenäisiksi alueiksi. Näitä esiintyy etenkin pohjoisella pallonpuoliskolla sekä arktisilla ja antarktisilla alueilla. Suomi kuuluu Euroopan voimakkaimmin lämpeneviin alueisiin, joskin Huippuvuorilla ja Frans Joosefin maalla sekä niiden läheisillä arktisilla merialueilla havaitaan tätäkin intensiivisempää lämpenemistä. Toisaalla on myös laajoja alueita, joilla ilmasto ei ole lämmennyt huomattavissa määrin tai joilla on havaittavissa selvää kylmenemistä. Näistä alueista merkittävin sijaitsee Etelä-Amerikan länsilaidalla, *El Niño*n vaikutusalueella. Kaiken kaikkiaan voidaan havaita ilmaston lämpötilakehityksen olevan luonteenpiirteiltään alueellisesti vaihtuvaa ilman jyrkkiä tai selväpiirteisiä rajoja, joita toisiinsa nähden hyvin lähellä sijaitsevat lämpenevät ja kylmenevät alueet voisivat muodostaa. Tämä on ilmiö, jota Granö kutsui maantieteellisten kokonaisuuksien epämääräisyydeksi ja jonka hän ylipäänsä luki maantieteellisiä aluekokonaisuuksia yhdistäväksi ominaisuudeksi (Granö 1930: 134).

Pohdintaa

Granön sanoin maantieteen omin tutkimusesine on aistittu ympäristö, aistiympäristö (Granö 1930: III, 6). Sitä vastoin maantieteen tärkeimpänä tutkimustehtävänä Granö näkee näiden muodostamisen aluekykyksien käsittelyn (Granö 1930: 2, 33). Tähän ympäristöön, sen lähiöön ja maisemaan, vaikuttaa Suomessa hyvin voimakkaasti oma ilmastovyöhykkeemme, klassisen Köppenin ilmastoluokituksen mukaisesti kylmien talvien vyöhyke (Kottek *et al.* 2006; Peel *et al.* 2007). Suomen sijainti tällä ilmastovyöhykkeellä saa puolestaan aikaan ympäristöllemme niin tyypilliset vuodenaikojen voimakkaat vastakohtaisuudet ja näin ollen aistiympäristön vuodensisäisen muuttuman (Granö 1930: 24). Ilmastonmuutoksen näkökulmasta on erityisen huomattavaa, että Suomen kartta on ilmasto- ja kasvillisuusvyöhykkeiden raidoittama. Siinä missä maan eteläinen osa kuuluu Köppenin luokittelun perusteella lämminkesäiseen mannerilmastoon, kuuluu suuri osa maata kuitenkin subarktiseen mannerilmastoon (Kottek *et al.* 2006; Peel *et al.* 2007). Toisaalta Suomen alue voidaan jakaa kasvillisuutensa puolesta hemi-, etelä-, keski- ja pohjois-boreaalisien, orohemiarktiseen ja orarktiseen vyöhykkeeseen (Ahti *et al.* 1964, 1968). Erityisesti maantieteellistä aluejakoa ajatellen

Granö mainitsi Suomen ilmastoriippuvista kasvillisuusvyöhykkeistä tammivyöhykkeen, eteläsuomalaisen lehtipuovyöhykkeen, lehmusvyöhykkeen ja pohjoissuomalaisen vyöhykkeen sekä Lapin vyöhykkeen (Granö 1932: 53). Johtuen Suomen sijainnista useiden vyöhykkeiden ja niiden vaihtumisalueiden piirissä on ympäristömme erityisen herkkä muutoksille. Nämä seikat tukevat entisestään tarkastelumme aiheellisuutta ja ovat toimineet lähtökohtana työtä koostettaessa.

Ilmasto on eittämättä eräs maantieteelliseen tutkimusesineeseen olennaisesti vaikuttavista osatekijöistä. Ensinnä ilmaston riittävä suotuisuus mahdollistaa *Puhtaan maantieteen* teorian vaatiman havaintojen teon ylipäättään: havaintojen tekijänä ihminen ei kerrassaan kykene toimimaan liian kylmässä tai kuumassa, toisin kuin kojeelliset havaintolaitteet. Toiseksi ilmasto vaikuttaa joko suoraan tai välillisesti maantieteellisiin substansseihin, niin lähiössä kuin maisemassa. Ilmastollisten ominaisuuksien merkittävyys aistiympäristön tutkimisessa oli eräs perustavanlaatuisista *Puhtaan maantieteen* teoriaan liittyvistä ajatuksista. Aivan erityisesti Granö painotti ilmastollisten tekijöiden merkitystä lähiön tuntoilmentymien kannalta sekä toi esiin ilmastovyöhykkeiden ja lähiövyöhykkeiden välisen yhteyden merkityksen (Granö 1930: 29, 124–125). Johtuen juuri ilmaston hellittämättömästä otteesta tutkimusobjektiin on myös ilmastonmuutoksella vaikutuksensa maantieteilijän tutkimusesineeseen, tässä suhteessa jopa kaikkien mahdollisten aisti-ilmentymien kautta. Näistä toisiin ilmastonmuutos, kuten ilmastokin, vaikuttaa suoraan, toisiin välillisesti. Edelleen, kuten olemme yllä esittäneet, ovat ilmaston ja ilmastonmuutoksen ensisijaisessa vaikutuspiirissä olevat aisti-ilmentymät todennäköisesti juuri niitä, joita aistimme ympärienvälityksellä, kun taas maiseman välityksellä aistittavissa oleva tulee ilmaston ja sen muutoksen piiriin välillisesti.

Kääntäen olemme tuoneet esiin ajatuksen siitä, kuinka lähiössä aistimamme voi hyvin vaikuttaa myös siihen, kuinka itse asiassa ympäristöämme aistimme. Todellisuuspohjansa tämä pohdiskele saa ihmisen fysiologiasta – jolle Granön teoria puhtaasta maantieteestä osin perustuu (Granö & Paasi 1997: xvii) – ja siinä tapahtuvista stressitasojen ohjaamista muutoksista (Hancock 1984; Pilcher *et al.* 2002), jotka todistettavasti vaikuttavat useisiin toimintakykyämme ylläpitäviin osiin. Näistä puolestaan ainakin tarkkaavaisuus-, hahmottamistai päättelykyvyn heikkenemisellä voisi olla suora vaikutusta siihen, kuinka aistinympäristöä on ylipäättään mahdollista tutkia. Todelliseksi

asiayhteyden tekee se tosiasia, että toimintakyvysämme tapahtuu havaittavissa olevia muutoksia jo muutamien asteiden poikkeamassa optimaalista, noin 21–27 Celsius-asteen tasosta viileämpään tai lämpimämpään (Pilcher *et al.* 2002). Nämä ovat ensisijaisesti seikkoja, joista aistimus pohjaisen tutkimuksen, kuten puhdas maantiede siten kuin Granö sen käsitteellisesti, tulisi olla tietoinen. Tämä pohdinta havainnollistaa sen, ettei ympäristöään aistiva ihminen itseasiassa voi olla täysin riippumaton ympäristöstään sitä havainnoidessaan (Holopainen & Helama 2009). Tämä itsessään on jo luonteva päätelmä kunkin yksilön ollessa myös osa yhtä maantieteellisistä substansseista, ihmiskuntaa (Granö 1930: 10). Tässä suhteessa on paradoksaalista, että juuri ihmistoiminta itsessään on kaikkein vaikeimmin ennakoitavissa oleva ilmastomuutokseen liittyvä epävarmuustekijä: onhan ihmisten kulttuuri-, yhteiskunta- ja tunnesidonnanainen käyttäytyminen tietokonemalleille haastellisempi tehtävä kuin lämpötilan ja kasvihuonekaasujen välinen puhtaasti luonnontieteellinen suhde (Stammler-Gossmann 2007).

Aluekokonaisuuksiin kohdistuva tarkastelu on eräs luonnollisimpia maantieteellisen ympäristötutkimuksen kiinnostuksen kohteita (Granö 1930: 23). Tämän lisäksi on maantieteellisen ontogenian merkityksenä tutkia tieteenalan objektien syntyä ja kehitysvaiheita (Granö 1930: 43). Näiden osateorioiden yhteensaattamisesta päädymme työn punaisena lankana toimineisiin analyttisiin ilmastomuutostarkasteluihin sekä niiden tuottamaan johtopäätökseen ilmastomuutoksesta erityisiä aluekokonaisuuksia muovaavana, geneettisenä ympäristötekijänä. Ilmastomuutosta kokonaisvaltaisimmin kuvaava ympäristötekijä on lämpötila, muuttuja, jolla on suora vaikutus ympäröivän tuntoilmentymän ja yhtä oleellinen, joskin välillinen merkitys niin lähion kuin maiseman aisti-ilmentymiin. Lämpötila on niin ikään muuttuja, jota hyväksi käyttäen olemme tässä artikkelissa määrittäneet erityisiä maantieteellis-fysiologisia aluekokonaisuuksia (Kuva 2). Näin tehden olemme osaltamme luoneet tietopohjaa ilmastomuutoksesta erityisesti sen maantieteellisen genetiikan hahmottamiseksi ja ymmärtämiseksi (Granö 1930: 42–43). Esitetty tarkastelu tähdentää Suomen sijaintia ilmastomuutoksen kartalla: ilmasto on lämpenemässä meillä jopa intensiivisemmin kuin muualla Euroopassa.

Kuten olemme yllä esittäneet, on lämpenemisellä erityinen vaikutus Suomen vuodenaikaisvaihteluun, jonka tärkeyttä maantieteelliselle tutkimukselle Granö (1930) valotti teoksessaan usein

esimerkein ja jonka monivivahteisuuksia hieman myöhemmin myös Kaikko (1942, 1944, 1945) toi töissään esiin. On mielenkiintoista havaita, että aikalaisten arviot vuodenaikaisten rytmien vaikutuksista maisemaan olivat hieman toisistaan poikkeavia. Siinä missä Granö (1930: 92–93) totesi merkittävimmän muuttuman olevan sulan veden värialojen vapautuminen, perusti Kaikko (1942) maisematieteelliset päätelmänsä selkeästi kasvillisuudessa havaittaviin vuodenaikaismuutoksiin. Tämän lisäksi Granö totesi vuodenaikaisten rytmien olevan samalla ilmastovyöhykkeellä samalla tavoin leimanantavia ja siten kyseisiä alueita yhdistäviä, kun taas Kaikko (1942: 232–235) havaitsi eri alueille olevan eriävät yksilöllisyytensä vuodenaikarytmien suhteen. Varsinaisia numeerisia laskemia Suomen maantieteellisten alueiden maiseman rytmeistä teki kuitenkin vain Kaikko (1942), minkä vuoksi hänen päätelmänsä ovat nimenomaan kvantitatiivisia. On vielä huomattava, että Kaikko (1942: 234–235) laski vuodenaikaiset vaihtelut Granön (1932) ennalta määrittellemille maisematieteellisille maakunnille, seutukunnille sekä seuduille. Näin ollen voidaan olettaa, että myös ilmastomuutoksen aikaansaamat vuodenaikaisrytmien muutokset voivat esiintyä samankin ilmastovyöhykkeen sisällä eriävästi ja täten Suomen maisematieteellisiä alueita (Granö 1932) erilaistavasti.

Maantieteellisessä kontekstissa on usein painotettu tieteenalan tutkimusobjektin sitoutumista nykyisyyteen. Tämä näyttäytyy tärkeänä näkökulmana nimenomaisesti maantieteellisessä tutkimuksessa. (Granö 1930: 49.) Olemmekin tässä työssä tutkineet juuri sitä osaa ilmastosta, joka yleisesti käsitetään nykyisyydeksi myös ilmastotutkimuksessa (Kuvat 1b, 1c ja 2). Näissä puitteissa nykyisyyden aikarajaksi voidaan, meteorologisten normaalikausien puitteissa, käsittää tyypillisimmillään kolme vuosikymmentä (Heino 1994; Tuomenvirta 2004). Näin toimien olemme pyrkineet riidattomuuteen maantieteen ja sen lähitieteiden nykyisyyskäsitusten välillä. Toisaalta jonkintasoinen menneisyyden huomioonottaminen on välttämätöntä myös maantieteellisessä tutkimuksessa (Granö 1930: 49) ihmisen aistiympäristön ajallisen kokonaisuuden lopulta määrättyessä pisimmillään eliniän mukaisesti (Granö 1930: 7). Toisaalta seikka, joka niin olennaisesti ilmenee juuri ilmastomuutostutkimuksessa ja myös tässä työssä, on lähimenneisyyden ja nykyisyyden yhteenkietoutuminen. Kuten globaalitason ja Suomen alueen lämpötilahavainnoista voidaan jo silmävaraisesti päätellä (Kuva 1b ja 1c), on vuosittainen muutos ilmastossa varsin äärevää, äkillistä ja voimallista

verrattuna kolmen vuosikymmenen ajalle lasketuun ilmaston (lineaariseen) kehityssuuntaan. Tämä kehityssuunta määritettiin matemaattisesti regressioanalyysillä, jonka tuloksena saatua regressioerointa käytettiin määrittelemään ilmastomuutoksellisia alueyhteyksiä (Kuva 2).

Kehityssuuntaa kuvaavan trendiviivan ensisijainen tehtävä on antaa kvantitatiivinen luonnehdinta ilmastossa havaittavalle muutoksen suhdanteelle ja siten muutoksen nykytilalle. Käytännössä menneisyyden ja nykyisyyden yhteenkietoutumisen merkittävyys havainnollistuu seuraavasti: mikäli aistihavainnot perustettaisiin yhden tai muutama ilmastollisesti äärimmäisen ja kyseisen alueen oloihin nähden poikkeuksellisen ajanjakson aikana suoritettuihin tutkimuksiin, voisi kyseinen tutkimus ajautua osittain harhapoluille ainostaan tutkimusajankohdasta riippuvista tekijöistä johtuen. Tämä puolestaan olisi selkeässä ristiriidassa maantieteen perusluonteen kanssa pikemminkin alue- kuin aikariippuvana tieteenalana. Aistihavaintoihin perustuva ympäristötutkimus voidaan-kin entistä paremmin sitoa samassa ympäristössä vallitsevaan ajallis-paikalliseen suhdanteeseen sekä ymmärtää havaintojen merkitys ympäristön nykytilan kannalta, mikäli yhdistetään aistihavainnot klimatologisten ja näin ollen kojeellisten ympäristöhavaintojen kanssa.

Kenties eräs kaikkein tärkeimmistä tämän tarkastelun tuloksista maantieteilijälle onkin havainto siitä, että ilmastomuutostutkimus on nykyisyyden tutkimista. Alueyhteyksiä muovaavana tekijänä ilmastomuutos osoittautuu eräksi oleelliseksi maantieteelliseksi tutkimuskohteeksi. Lähiaikojen maantieteellisellä tutkimuksella tulee olemaan oma ainutlaatuinen erityisasemansa ilmastomuutokseen kohdistuvassa tutkimuksessa. Näin etenkin sen aistimusperustaisen ympäristöntutkimuksen osalta, jonka Granö teoriassaan puhtaasta maantieteestä kuvasi.

Kiitokset

Kuvan 2 kartta on laskettu NOAA/OAR/ESRL PSD:n (Boulder, Colorado) tarjoaman käyttöliittymän välityksellä (<http://www.cdc.noaa.gov/>). Kiitämme kahta anonyymiä esitarkastajaa heidän kommentistaan. Tätä tutkimusta ovat tukeneet Suomen Akatemia päätöksillään 122033 ja 217724 sekä Koneen Säätiö.

Lähteet

- Ahti, Teuvo, Hämet-Ahti, Leena & Jalas, Jaakko (1964). Luoteis-Euroopan kasvillisuusvyöhykkeistä ja kasvillisuus-alueista. *Luonnon Tutkija* 68:1, 1–28.
- Ahti, Teuvo, Hämet-Ahti, Leena & Jalas, Jaakko (1968). Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici* 5:3, 169–211.
- Both, Christiaan, Bouwhuis, Sandra, Lessells, C. M., Visser, Marcel E (2006). Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441:7089, 81–83.
- Brohan, P., Kennedy, J. J., Harris, I., Tett, S. F. B. & Jones, P. D. (2005). Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new data set from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Carter, Timothy R. (1998). Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. *Agricultural and Food Science in Finland* 7:2, 161–179.
- Easterling, David R., Horton, Briony, Jones, Philip D., Peterson, Thomas C., Karl, Thomas R., Parker, David E., Salinger, M. James, Razuvaev, Vyacheslav, Plummer, Neil, Jamason, Paul & Folland, Christopher K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277:5324, 364–367.
- Vepsäläinen, Hannu, Sarekoski, Kimmo, Suojala, Eila, Tanska, Harri, Peltomaa, Kristiina, Keränen, Ossi, Koskikallio, Jukka, Romppainen, Mervi, Yli-Kuivila, Jukka, Markkanen, Kimmo, Hammarberg, Sinikka, Koskinen, Hanna-Leena & Rantakokko, Kari (2005). *Tulvaongelma Espoossa*. Espoon tulvatyöryhmä 6.10.2005, Espoo.
- Granö, Johannes Gabriel (1929). Reine Geographie. Eine methodologische Studie beleuchtet mit Beispielen aus Finnland und Estland. *Acta Geographica* 2:2, 1–202.
- Granö, Johannes Gabriel (1930). *Puhdas maantiede. Tutkimusesimerkeillä Suomesta ja Virosta valaistu metodologinen selvitys*. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo.
- Granö, Johannes Gabriel (1932). *Suomen maantieteelliset alueet*. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo.
- Granö, Johannes Gabriel (1997). *Pure geography*. The John Hopkins University Press, Baltimore & London.
- Granö, Olavi (1998). Puhdas maantiede aikansa kuvastimessa. *Tieteessä tapahtuu* 16:4, 46–50.
- Granö, Olavi & Paasi, Anssi (1997). The intellectual and social contexts of J. G. Granö's Pure geography. Teoksessa Granö, Olavi & Paasi, Anssi (toim.) *Pure geography*. The John Hopkins University Press, Baltimore & London, xi–xxxiv.
- Hancock, Peter A. (1984). Environmental Stressors. Teoksessa Warm, Joel S. (toim.) *Sustained attention in human performance*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester (West Sussex), New York, 103–142.
- Hedfors, Per (2003). *Site soundscapes. Landscape architecture in the light of sound*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Heino, Raimo (1994). Climate in Finland during the period of meteorological observations. *Finnish Meteorological Institute Contributions* 12, 1–209.
- Helama, Samuli, Lindholm, Markus, Timonen, Mauri & Ero-

- nen Matti (2004). Dendrochronologically dated changes in the limit of pine in northernmost Finland during the past 7.5 millennia. *Boreas* 33:3, 250–259.
- Helama, Samuli, Läänelaid, Alar, Raisio, Juha & Tuomenvirta, Heikki (2009a). Oak decline in Helsinki portrayed by tree-rings, climate and soil data. *Plant and Soil* 319:1–2, 163–174.
- Helama Samuli, Meriläinen Jouko & Tuomenvirta, Heikki (2009b). Multicentennial megadrought in northern Europe coincided with a global El Niño–Southern Oscillation drought pattern during the Medieval Climate Anomaly. *Geology* 37:2, 175–178.
- Hoerling, Martin P., Hurrell, James W. & Xu, Taiyi (2001). Tropical origins for recent North Atlantic climate change. *Science* 292:5514, 90–92.
- Holopainen, Jari & Helama, Samuli (2009). Ilmaston eletty muutos. *Ajatus* 66, 197–214.
- Holopainen, Jari, Helama, Samuli, Kajander, Juha M., Korhonen, Johanna, Launianen, Jouko, Nevanlinna, Heikki, Reissell, Anni & Salonen, Veli-Pekka (2009). A multiproxy reconstruction of spring temperatures in south-west Finland since 1750. *Climatic Change* 92:1–2, 213–233.
- IPCC (2007). Summary for policymakers. Teoksessa Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R., Dave, R & Meyer, L. A. (toim.) *Climate change 2007: mitigation. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA, 1–24.
- Jaagus, Jaak, Truu, Jaak, Ahas, Rein & Aasa, Anto (2003). Spatial and temporal variability of climatic seasons on the East European Plain in relation to large-scale atmospheric circulation. *Climate Research* 23:2, 111–129.
- Juntunen, V., Neuvonen, S., Norokorpi, Y. & Tasanen, T. (2002). Potential for timberline advance in northern Finland, as revealed by monitoring during 1983–99. *Arctic* 55:4, 348–361.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K. (2004). Climate change projections for Finland during the 21st century. *Boreal Environment Research* 9:2, 127–152.
- Kaikko, Joh. (1942). Suomen maantieteellisten alueiden maisematieteelliset vuodenaajat ja maiseman rytmikaavat. *Terra* 54, 229–248.
- Kaikko, Joh. (1944). Maantieteellisen liikkuman vuodenaikainen rytmi. *Terra* 56, 1–10.
- Kaikko, Joh. (1945). Maiseman vuodenaikainen rytmi Suomen kasvipeitteessä ja tekemuodostossa. *Terra* 57, 69–78.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, R., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Jenne, Roy & Joseph, Dennis (1986). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society* 77:3, 437–471.
- Karl, Thomas R. & Trenberth, Kevin E. (2003). Modern global climate change. *Science* 302:5651, 1719–1723.
- Korhonen, Johanna (2005). Suomen vesistöjen jääolot. *The Finnish Environment* 751, 1–145.
- Kottek, Markus, Grieser, Jürgen, Beck, Christoph, Rudolf, Bruno & Rubel, Franz (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15:3, 259–263.
- Kuusisto, Esko (2006). Lake and river systems in Finland. *The Finnish Environment*, 2006:23, 49–58.
- Linderholm, Hans W., Walther, Alexander & Chen, Deliang (2008). Twentieth-century trends in the thermal growing season in the Greater Baltic Area. *Climatic Change* 87:3–4, 405–419.
- Linkola, Hannu (2005). *Hajonnut maisema. J.G. Granön maisematiede aikansa kuvana ja osana nykyistä maisema- maantiedettä*. Maantieteen laitos, Helsingin yliopisto.
- Linkola, Martti (1985). Lapin erämaamaiseman arvostuksen syntyminen. *Lapin tutkimusseuran vuosikirja* 26: 46–53.
- Piirola, Jouko (1968). Lapin maisema maantieteessä. *Terra* 80:4, 123–127.
- Pilcher June J., Nadler, Eric & Busch, C. (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 45:10, 682–698.
- Matless, David (2005). Sonic geography in a nature region. *Social & Cultural Geography* 6:5, 745–766.
- Meehl, Gerald A. & Tebaldi, Claudia (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science* 305:5686, 994–997.
- Menzel, Annette & Fabian, Peter (1999). Growing season extended in Europe. *Nature* 397:6721, 659.
- Paasi, Anssi (1982). Subjektiviivien elementin merkityksestä J. G. Granön maantieteellisessä ajattelussa. *Terra* 94:2, 140–156.
- Paasi, Anssi (1984). Connections between J. G. Granön's geographical thinking and behavioural and humanistic geography. *Fennia* 162:1, 21–31.
- Paeth, H., Hense, A., Glowienka-Hense, R., Voss, R. & Cubasch, U. (1999). The North Atlantic Oscillation as an indicator for greenhouse-gas induced regional climate change. *Climate Dynamics* 15:12, 953–960.
- Paeth, H., Latif, M. & Hense, A. (2003). Global SST influence on twentieth century NAO variability. *Climate Dynamics* 21:1, 63–75.
- Palang, Hannes, Printsmann, Anu & Sooväli, Helen (2007). Seasonality and landscapes. *Landscape Series* 7, 1–16.
- Parmesan, Camille & Yohe, Gary (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:6918, 37–42.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. & McMahon T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:5, 1633–1644.
- Petersen, Jens Kjerulf & Malm, Torleif (2006). Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. *Ambio* 35:2, 75–80.
- Rosenzweig, Cynthia, Karoly, David, Vicarelli, Marta, Neofotis, Peter, Wu, Qigang, Casassa, Gino, Menzel, Annette, Root, Terry L., Estrella, Nicole, Seguin, Bernard, Tryjanowski, Piotr, Liu, Chunzhen, Rawlins, Samuel & Imeson, Anton (2008). Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453:7193, 353–357.
- Saltikoff, Elena (2008). Sään ennustaminen. Teoksessa Rinne, Juhani, Koistinen, Jarmo & Saltikoff, Elena (toim.) *Suomalainen sääopas*. Helsinki, Otava, 84–114.
- Sawyer, J. S., (1972). Man-made carbon dioxide and the “greenhouse” effect. *Nature* 239: 5366, 23–26.
- Seinä, Ari, Grönvall, Hannu, Kalliosaari, Simo & Vainio, Jouni (2001). Ice seasons 1996–2000 in Finnish sea areas. *Jäätäl-*

- vet 1996-2000 Suomen merialueilla. *Meri* 43, 3–38.
- Soini, Sari (2007). *Ilmastonmuutos ja siihen varautuminen Espoossa*. Espoon ympäristökeskus. Monistesarja 2/2007.
- Stammler-Gossmann, Anna (2007). The challenge of human dimensions in climate change research. Teoksessa Cardinal D. & Lipiatou E. (toim.) *Polar environment and climate: the challenges. European research in the context of the International Polar Year*. European Commission, Bryssel, 154–156.
- Tsoutsos, Theocharis, Frantzeskaki, Niki & Gekas, Vassilis (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy* 33:3, 289–296.
- Tuomenvirta, Heikki (2004). Reliable estimation of climatic variations in Finland. *Finnish Meteorological Institute Contributions* 43, 1–80.
- Tuomenvirta, Heikki, Alexandersson, Hans, Drebs, Achim, Frich, Povel & Nordli, Per Oyvind (2000). Trends in Nordic and arctic temperature extremes and ranges. *Journal of Climate* 13:5, 977–990.
- Vehviläinen, Bertel & Lohvansuu, Jari (1991). The effects of climate change on discharges and snow cover in Finland. *Hydrological Sciences Journal* 36:2, 109–122.
- Walther, Gian-Reto, Post, Eric, Convey, Peter, Menzel, Annette, Parmesan, Camille, Beebee, Trevor J. C., Fromentin, Jean-Marc, Hoegh-Guldberg, Ove & Bairlein, Franz (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:6879, 389–395.
- Ympäristöraportoinnin asiantuntijatyöryhmä (2004). *Helsingin kaupungin ympäristöraportti 2003*. Helsingin kaupunginkanslia, Helsinki.