

ILONA METTIÄINEN

# Ilmastonkorjaus ja arktisen alueen jännitteet esimerkkinä yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen nousevista suunnista

Ilmastonmuutoksen on jo aikaa sitten todettu olevan aikamme suurin haaste (mm. UNESCO 2009). Vuonna 2015 solmittu ja 2016 voimaan astunut Pariisin ilmastopimus loi toivoa, että lämpeneminen saataisiin rajoitettua 1,5 asteeseen esiteolliseen aikaan nähden. Kuitenkin viime vuosina on käynyt selväksi, että valtioiden päästövähennykset ovat olleet riittämättömiä Pariisin ilmastoneuvotteluissa sovittuun nähden ja hillintätoimet etenevät liian hitaasti (Ripple ym. 2023; UNFCCC 2023). Vuonna 2023 havaittiin aiempaan nähden täysin poikkeuksellisia ilmiöitä, jotka viittaavat lämpenemisen vaikutusten olevan karkaamassa käsistä ja häiriötilan olevan jopa uhka ihmiskunnan olemassaololle (Ripple ym. 2023). Tätä kirjoittaessani viimeisimmät 12 kuukautta kesäkuusta 2023 toukokuuhun 2024 ovat olleet mittaushistorian kuumimmat (Copernicus 2024).

16 globaalista ilmastollisesta keikahduspisteestä kahdeksan sijaitsee arktisella alueella, ja osa niistä saattaa ylittyä jo ennen kuin globaali keskilämpötilan nousu ylittää +2 C (Lenton ym. 2019; Armstrong McKay ym. 2022) Arktinen alue on lämmennyt paikoin jopa 4 kertaa globaalia keskiarvoa nopeammin (Rantanen ym. 2022).

Ilmastonmuutos vaikutuksineen sekä sen strategiset ratkaisut, etupäässä hillintä ja sopeutuminen, ovat muodostuneet neljänneksi globaaliksi ympäristöteemaksi<sup>1</sup> ja yhdeksi yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen ydinaiheista (Massa 2014a). Yhteiskuntatieteelli-

## Research on climate interventions as an emerging direction

Climate interventions, also known as geoengineering or climate repair, are a contradictory research topic. This text sheds light on climate geoengineering as a phenomenon of the Anthropocene, on the current typology of climate intervention methods, and on developments in environmental social sciences research into climate interventions in Finland and beyond. The focus is on the Arctic and its Indigenous communities. Environmental social sciences research on climate repair is still in the early phases internationally, particularly so in Finland. With climate change mitigation advancing too slowly, there is an increasing interest in climate interventions as temporary, complementary strategic solutions to climate change. Environmental social sciences research can provide valuable insights into the methods and their potential risks, make science more societally robust, and hence contribute to just and decolonial climate interventions and their governance.

1 Aiemmat kolme ympäristöteemaa ovat Massan (2014a) mukaan luonnon saastumisen kemikaalien ja ydinkokeiden vuoksi, globaali väestönkasvu ja fossiilisten polttoaineiden käyttö. Nämä ovat edelleen vakavasti otettavia ympäristöhuolia ja osin mukana myös ilmastonmuutoskeskustelussa.

sen ympäristötutkimuksen piirissä onkin tarkasteltu ilmastonmuutosaiheita jo pitkään. On analysoitu Suomen ja muiden maiden alueellista ja kansallista ilmastopolitiikkaa ja kaupunkiseutujen erilaisia maankäyttö- ja liikennetarkoituksia vähähiilisyys edistämiseksi. On pohdittu vihreää siirtymää vähähiiliseen yhteiskuntaan ja siihen liittyviä uusiutuvan energian- ja kaivoshankkeita niin eri elinkeinojen ja energiamuotojen sekä maankäyttöön liittyvien konfliktien näkökulmasta kuin oikeudenmukaisuudenkin kannalta. On tunnustettu ilmastonmuutoksen vaikutuksia alkuperäiskansojen ja muiden yhteisöjen elämään ja tarkasteltu yhteisöjen omaksumia sopeutumisstrategioita sekä pyritty kehittämään suunniteltua sopeutumista.

---

## Ilmastonmuutos vaikutuksineen sekä sen strategiset ratkaisut, etupäässä hillintä ja sopeutuminen, ovat muodostuneet neljänneksi globaaliksi ympäristöteemaksi ja yhdeksi yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen ydinaiheista.

---

Päästövähennysten riittämättömyys on nähty ilmastotutkijoiden keskuudessa jo jonkin aikaa. Vuonna 2006 nobelisti Paul Crutzenin (2006) toteamus riittämättömästä ilmastonmuutoksen hillinnästä ja ehdotus ilmastonmuokkauksesta maapallon heijastavuutta lisäämällä sai aikaan valtavan kiinnostuksen ja nosti ilmastonmuokkauksen osaksi laajempaa ilmastonmuutoskeskustelua (Joronen 2013; Boettcher & Schäfer 2017). Samalla alkusäyksen sai uusi tutkimussuunta, ensin etupäässä luonnontieteiden ja insinööritieteiden ja niiden vanavedessä yhteiskuntatieteiden, politiikkatieteiden ja oikeustieteiden keskuudessa.

Ensin lähinnä tiedemaailmaa kiinnostanut ilmastonmuokkaus on alkanut viime vuosina tulla otetuksi vakavammin myös päätöksentekijöiden ja kansainvälisten organisaatioiden keskuudessa. Lähde (2024) luonnehtii, että aihe on muuttumassa salonkikelpoiseksi. Viime vuosina vaikutusvaltaiset

tahot kuten UNESCO ovat alkaneet puhua ilmastonmuokkauksen tutkimuksen tarpeellisuudesta (esim. COMEST 2023) ja ryhtyneet tarkastelemaan ilmastonmuokkaus- ja -korjausmenetelmien tai uusien ilmastonsuojeluteknologioiden (*new technologies for climate protection*) mahdollisen käyttöönoton eettisiä ja ihmisoikeuslottuvuusia (COMEST 2023; United Nations 2023). Myös hallitustenvälinen ilmasto-paneeli IPCC on tarkastellut ilmastonmuokkausta viidennestä raportistaan alkaen. Helmikuussa 2024 YK:n ympäristökokous UNEA piti (kuitenkaan miinhinkään lopputulokseen varsinaisesti johtamattoman) kokouksen ilmastonmuokkauksesta ja sen tutkimuksesta.

Myös ilmastonmuokkauksen ja sen tutkimuksen vastustus on organisoitunut. Vuonna 2022 joukko tutkijoita esitti auringonvalon heijastamisen menetelmien (SRM) tutkimuksen ja käyttöönoton kieltoa vastustaakseen sen normalisoimista spekulatiivisena osana ilmastopolitiikan keinovalikoimaa, erityisesti ilmastonmuokkauksen oikeudenmukaiseen, yhdenvertaiseen ja osallistavaan hallintaan liittyvien haasteiden vuoksi (Biermann ym. 2022) sekä menetelmiin liittyvien ekologisten, yhteiskunnallisten ja poliittisten riskien vuoksi (Gupta ym. 2024). Erityisesti stratosfäärihiukkasmaanetelmän (SAI) kohdalla riskinä pidetään sekä käytön ennakkoimattomia sivuvaikutuksia että lämpenemspiikkiä, joka seuraisi hiukkasten levittämisen äkillisestä lopettamisesta. Stratosfäärihiukkasmaanetelmälle ei myöskään ole vielä olemassa globaalia, oikeudenmukaista ja inklusiivista hallintajärjestelmää.

Ilmastonmuokkauksen ylipäätään pelätään heikentävän motivaatiota päästövähennyksiin ja sopeutumistoimiin (ns. *moral hazard*, Lin 2013), joskin tuoreen tutkimuksen mukaan tällaista riskiä ei välttämättä ole (Merk & Wagner 2024). Toisaalta myös tutkimuksen tarve on todettu useassa lähteessä (esim. Doherty ym. 2023; Ricke 2023).

### MITÄ ON ILMASTONKORJAUS TAI -MUOKKAUS?

Vaikka ilmastointerventiot ovat tällä hetkellä kiistanalainen tutkimusaihe ja ilmastopolitiikan häiriköksi kutsuttu ajatus, niitä on ehdotettu täydentäväksi ja väliaikaiseksi strategiseksi ratkaisuksi ilmastonmuutokseen, hillinnän ja sopeutumisen lisäksi. Ilmastonmuokkauksella, tai nykyään suo-

menkielisessä keskustelussa myös ilmastointerventioilla, -väliintuloilla tai ilmastolaastareilla<sup>2</sup> tarkoitetaan maapallon ilmaston tarkoituksellista muokkaamista laajassa mittakaavassa, ihmisen aiheuttaman ilmastomuutoksen hidastamiseksi, pysäyttämiseksi, lievittämiseksi tai jopa peruuttamiseksi teknisin keinoin tai luonnollisia prosesseja hyödyntämällä (The Royal Society 2009; House of Commons, Science and Technology Committee 2010; COMEST 2023).

Ilmastomuokkaukseen kuuluu moninainen joukko erilaisia ehdotettuja menetelmiä. Menetelmästä riippumatta ilmastomuokkauksen ideana on estää tai hidastaa lämpenemistä ilmastokriisin väliaikaisena osaratkaisuna, eli ”ostaa aikaa” sille, että päästövähennykset ehtivät auttaa. Näin voitaisiin ehkä välttää peruuttamattomia muutoksia, esimerkiksi globaalien keikahduspisteiden ylittyminen, ja vähentää inhimillistä kärsimystä. (Lenton ym. 2019; Buck ym. 2020; Operaatio Arktis 2023.)

Tutkijoidenkin keskuudessa on yhteisymmärrystä siitä, että ilmastomuokkateknologioiden kehittämisestä huolimatta ensisijainen ilmastomuutoksen ratkaisukeino on hillintä päästövähennyksin, koska vain päästövähennykset puuttuvat ilmastomuutoksen juurisyyhyin: liiallisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Hillinnän ensisijaisuus ilmastomuutoksen ratkaisukeinona, suunnitelma A:na, on otettu ilmastomuokkaututkimuksen lähtökohdaksi jo varhaisesta vaiheesta alkaen, kuten Royal Societyn raportti (2009) ja London Protocol (House of Commons, Science and Technology Committee 2010) osoittavat. Viimeaikaisessa tiedeellisessä keskustelussa on todettu sekä tähänastisten hillintätoimien todennäköinen riittämättömyys ja toisaalta se, että ilmastomuokkauksen, erityisesti stratosfäärihiukkasmenetelmän, käyttöönotossa ei olisi järkeä ilman samanaikaisia tehokkaita päästövähennyksiä.

Ilmastonkorjausmenetelmien kirjo on laaja niin toteutustavan, mittakaavan kuin toivotun suoran vaikutuksen kannalta. Ehdotettujen menetelmien kehitysvaihe vaihtelee voimakkaasti villoista ideoista nykytekniikalla jopa varsin toteuttamiskelpoisiin,

ja myös menetelmien käytön riskit vaihtelevat. Samalla läsnä ovat ilmastomuokkauksen ja hillinnän ja toisaalta ilmastomuokkauksen ja sopeutumisen väliset määritelmäerot ja rajanvedot. Esimerkiksi rakennetun ympäristön pintojen maalaaminen valkoiseksi heijastavuuden lisäämiseksi voi olla pienessä mittakaavassa sopeutumista, kuten kaupunkien hellesaarekkeiden torjuntaa, mutta suuressa mittakaavassa sillä saattaisi olla globaalien tason vaikutuksia eli se voisi olla ilmastonkorjausta. Vastaavasti puiden istuttaminen kaupunkieihin voi myös auttaa torjumaan urbaaneja lämpösaarekkeitä ja helleaaltojen kielteisiä terveysvaikutuksia, mutta tällaisten metsittämistoimien hiilinieluvaikutus ei välttämättä ole kovin merkittävä. Jäätiköiden vakauttaminen merenpohjaan asetettavilla verhoilla olisi suhteellisen paikallisesti toteutettava menetelmä, mutta sen tavoitteena olisi ehkäistä ja lievittää globaalia merenpinnan nousua ja välttää tuhansia kilometrejä merenrantojen tulvavalleja. Siksi menetelmää onkin kutsuttu myös radikaaliksi sopeutumiseksi (Corbett & Parson 2022). Merijään vahvistaminen voisi sekä lisätä maapallon heijastavuutta että auttaa arktisia paikallisyhteisöjä jatkamaan perinteisiä elinkeinojaan ja merijään käyttöä kulkuväylänä.

Tuoreessa kriittisessä puheenvuorossaan Lähde (2024) pitääkin ilmastomuokkausta käsitteellisenä, sekalaisena kaatoluokkana, jonka sisäisiä merkittäviä eroja ei osata hahmottaa. Toisaalta tutkimusaiheen piirissä ilmastomuokkaus tai -interventiot ovat jo selvästi jäsentyneet kahteen pääryhmään (CDR ja SRM) ja kolmas kategoria on muodostumassa.

#### Auringonvalon heijastamisen menetelmät

Tutkituin ja tunnetuin ilmastointerventiomenetelmien pääryhmä on maapallon heijastavuutta eli albedoja lisäävät ja lämmittävän auringonvalon pääsyä ilmakehään siten rajoittavat menetelmät (solar radiation modification, SRM). Tähän ryhmään kuuluvat heijastavien pienhiukkasten, kuten rikin, alumiinin tai timanttipölyn, levittäminen stratosfääriin (stratospheric aerosol injection, SAI) tietyille leveyspiireille, meripilvien vaalentaminen (marine cloud brightening, MCB) suihkuttamalla merivesiaerosolia

2 Tutkimusala on sen verran uusi ja nopeasti kehittyvä, että terminologia elää paitsi englanniksi, jolla suurin osa tutkimuksista ja muista asioista käsittelevistä raporteista on julkaistu, myös suomeksi osin kansainvälistä keskustelua heijastaen. Lähde (2024) on myös huomauttanut ilmastomuokkauksen käsitteen ongelmallisuudesta, koska kaatoluokkana se sisältää niin monenlaisia menetelmiä.



KUVA 1 Auringonvalon heijastamisen eli SRM-menetelmiä (Arktinen keskus, Lapin yliopisto)

laivoista, ja cirruspilvien ohentaminen (cirrus cloud thinning, CCT) kylvämällä yläilmakehään jääytimien muodostumista edistäviä aineita, jotta lämpösäteily pääsisi paremmin palaamaan avaruuteen. (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2021). Kuva 1 esittelee SRM-ryhmän ilmastonkorjausmenetelmiä.

Ilmastonmuokkausta ja jopa sen tutkimusta myös vastustetaan, erityisesti stratosfäärihiukkasmenetelmää (SAI). Riskinä pidetään sekä käytön ennakoimattomia sivuvaikutuksia että hiukkasten levittämisen äkillisestä lopettamisesta seuraavaa lämpenemispiikkiä. Stratosfäärihiukkasmenetelmälle ei myöskään ole vielä olemassa globaalia, oikeudenmukaista ja inklusiivista hallintajärjestelmää. Vuonna 2021 Harvardin yliopisto halusi tehdä menetelmään liittyvän pienen mittakaavan kenttäkokeen (SCOPEX) Kiirunassa Ruotsissa. Kokeella ei olisi ollut mainittavia ympäristövaikutuksia eikä se olisi olennaisesti eronnut monista muista stratosfäärissä tehtävistä kenttäkokeista. Saamelaisneuvosto kuitenkin kirjelmöi koetta vastaan ja se jouduttiin perumaan. SCOPEXin keskeisenä virheenä oli, että he eivät neuvotelleet kokeesta etukäteen riittävästi Saamelaisneuvoston kanssa (Cooper 2021).

#### Hiilidioksidin poistamisen menetelmät

Ilmastointerventiomenetelmien toinen pääryhmä sisältää hiilidioksidin poistamiseen (carbon dioxide

removal, CDR) liittyvät menetelmät. Hiilidioksidia voidaan poistaa joko luonnollisten prosessien, kuten kasvillisuuden hiilinieluvaikutuksen kautta – metsitys ja metsien hiilinielut mukaan lukien – tai teknologisin menetelmin, kuten imuroimalla hiilidioksidia ilmakehästä ja varastoimalla sitä basalttiin geotermisen energian turvin (National Research Council 2015; Cartier 2020). Hiilidioksidin poistamismenetelmistä on tullut osa ilmastopoliitiikan ydintä Pariisin ilmastopöytäkirjasta lähtien, ja IPCC:n kuudennen raportin mukaan niiden käyttö on välttämätöntä hiilineutraaliuden ja negatiivisten päästöjen saavuttamiseksi. Siksi raportissa hiilidioksidin poistamiseen liittyvät menetelmät nähtiin pikemminkin osana ilmastomuutoksen hillintää kuin varsinaista ilmastomuokkausta (COMEST 2023; IPCC 2023).

#### Muut ilmastointerventiot, erityisesti kohdennetut liittyvät menetelmät

Kolmas, uusin ja toistaiseksi vähiten tutkittu, vasta muodostumassa oleva ryhmä sisältää menetelmiä, jotka eivät kuulu kumpaankaan yllä kuvattuun kategoriaan. Tähän ryhmään kuuluvat muun muassa paikallisemmin sovellettavat ilmastointerventiomenetelmät (targeted interventions), joilla kuitenkin pyritään globaaleihin vaikutuksiin maapallon ilmastojärjestelmässä (Moore ym. 2021). Jäsentynein osa kolmatta ilmastointerventioryhmää ovatkin menetelmät, joilla pyritään ilmastollisiin keikahduspisteisiin kuuluvien kryosfäärin eli maapallon jäisten elementtien, kuten arktisen merijään, Grönlannin ja Etelämantereen mannerjäätiköiden sekä Siperian ikeroudan jäisenä pitämiseen. Näihin kuuluvat esimerkiksi mannerjäätiköiden vakauttaminen merenpohjaan asetettavilla verhoilla tai pumppaamalla vettä jäätikön alta kitkan lisäämiseksi, merijään vahvistaminen pumppaamalla vettä tai lisäämällä kelluvia, heijastavia hiekkakuplia jään päälle. Lisäksi on ehdotettu ja jo kokeillaan ikeroudan ylläpitoa ja vahvistamista poistamalla kasvillisuutta ja tuomalla laiduntavia eläimiä sekä torjumaan pensoittumista että ohentamaan lumipeitettä sen eristävän vaikutuksen vähentämiseksi (Desch ym. 2017; Field ym. 2018; Lockley ym. 2020; Macias-Fauria ym. 2020; Moore ym. 2021; Alftan ym. 2023; van Dijke ym. 2023).

Merenpohjan verhomenetelmän (ice sheet conservation by seabed anchored curtain) tarkoituksena



KUVA 2 Mannerjäätikön vakauttaminen merenpohjan verhoilla (kuva Arktinen keskus, Lapin yliopisto)

on vakauttaa erityisesti Etelämantereen mutta myös Grönlannin mannerjäätiköitä globaalin merenpinnan nousun ehkäisemiseksi (Moore ym. 2018; Wolovick & Moore 2018; Wolovick ym. 2020). Mannerjäätiköiden sulaminen aiheuttaisi useiden metrien merenpinnannousun vuosisatojen kuluessa. Grönlannin ja Etelämantereen mannerjäätiköt ovat myös globaaleja keikahduspisteitä (Armstrong McKay ym. 2022). Menetelmä perustuu havaintoon siitä, että myös meriveden lämpötila vaikuttaa jäätiköiden sulamisnopeuteen. Merenpohjaan asennettavalla kelluvalla verholla rajoitettaisiin lämpimän meriveden pääsyä jäätiköiden luo vuonoissa, joissa jäätiköt laskeutuvat mereen. Verho asennettaisiin sopivaan kohtaan vuonon suulle laskemalla meren pohjaan betonisia jalustoja, joihin verhon kellukkeineen voisi kiinnittää halutun levyisinä ja pituisina osioiden. Jäävuoret pääsisivät kulkemaan joustavan verhorakenteen lomitse, samoin kalat ja merinisäkkäät (Moore ym. 2018; Wolovick & Moore 2018; Wolovick ym. 2020). Verhon rakentaminen olisi mahdollista nykytekniikoihin nojaten (Keffer ym. 2023).

#### ILMASTONMUOKKAUS ANTROPOSEENIN AJAN ILMIÖNÄ JA TIETEIDENVÄLISENÄ TUTKIMUSAIHEENA

Nykymuotoinen keskustelu antroposeenistä sai alkunsa vuonna 2000 Paul Crutzenin ja Eugene Stoermerin artikkelista (Crutzen & Stoermer 2000; ks. myös Ruuska ym. tässä teoksessa), jossa todettiin tarve uuden aikakauden nimeämiselle kuvaamaan ihmisen laajentunutta vaikutusta maapallolla.<sup>3</sup> Samaisen nobelisti Crutzenin ehdotus ilmastomuokkauksesta stratosfääriin sijoitettavien heijastavien hiukkasten avulla vuonna 2006 herätti kiinnostuksen ilmastomuokkaukseen (Boettcher & Schäfer 2017).

Ajatus ilmastomuokkauksesta kiinnittyikin syvällisesti antroposeenin aikaan ja teoriaan – ajatuksen siitä, että ihminen pystyy toiminnallaan sekä vahingossa että tarkoituksellisesti muuttamaan planetaarisen tason prosesseja, kuten ilmastoa – ilmastomuokkaus ehkä vielä astetta vahvemmin kuin käsitys antropogeenisestä eli ihmistoiminnan aiheuttamasta ilmastomuutoksesta. Ajatellen tämän johtuvan siitä, että kasvihuonekaasujen liiallisesta tuotannosta johtuva ilmastomuutos oli ainakin alkuun tiedostamaton ja tahaton sivuvaikutus fossiilisten polttoaineiden käytöstä (ilmiötä rutkasti yksinkertaista), kun taas ilmastomuokkauksen käyttöönotto edellyttäisi teknologioiden käyttämistä tarkoituksellisesti. Ilmastomuokkaus tähtää aiempiin ilmastollisiin tiloihin palaamisen asemesta lämpenemispiikin välttämiseen tai ”ajan ostamiseen” uusilmastollisia design-valintoja sisältävien päätösten pohjalta, kunnes päästövähennykset auttavat. Jos ja kun valinta on mahdollista, keskeisiin kysymyksiin kuuluvat esimerkiksi kenenllä on oikeus päättää mihin ja miten vaikutukset kohdentuvat (vaikkapa arktisen alueen osalta) tai millaiset riskit ovat hyväksyttäviä tavoiteltavaan hyötyyn nähden ja miten riskeihin kuten ympäristövaikutuksiin voi sopeutua tai varautua tai miten niitä voitaisiin lievittää.

Antroposeeni-käsite voidaan tulkita sekä kriittiseksi ihmisen toimintaa kohtaan ympäristöongelmien aiheuttajana että ihmisen ylivoiman

3 Antroposeenin nimeämisestä uudeksi geologiseksi aikakaudeksi ja sen alkamisajankohdasta on käyty paljon keskustelua. Maaliskuussa 2024 aikakausten määrittämisestä vastaava kansainvälinen geotieteiden unioni IUGS ei vahvistanut antroposeenia uudeksi aikakaudeksi, vaan holoseeni jatkuu edelleen ja antroposeeni tulkitaan mm. happivallankumouksen tapaiseksi tapahtumaksi. IUGS arvioi, että antroposeeni-käsitteen laaja käyttö jatkuu mm. ympäristö- ja yhteiskuntatieteiden piirissä, politiikassa ja julkisessa keskustelussa, ja antroposeeni on hyödyllinen käsite kuvaamaan ihmistoiminnan vaikutuksia maapallon ilmastoon ja ekosysteemeihin (IUGS 2024).



osoituksena (Eronen ym. 2016). Molemmat tulokinnat ovat kiinnostavia ilmastomuokkauksen kannalta. Tieteemme ja teknologiamme ovat kehittyneet niin, että erilaiset teknologiset keinot poistaa ilmakehästä siellä jo olevaa ylimääräistä hiilidioksidia tai heijastaa osa auringonvalosta pois yläilmakehän rikkihiukkasin tai jäätiköiden sulamisen hidastaminen merenpohjan verhoilla ovat jo jokseenkin uskottavia ajatuksia, eivät enää aivan pelkkää tieteisfiktiota. Toisaalta jo Joronen (2013) kritisoi suomalaisessa keskustelussa teknologisen ratkaisun kehittämistä sosiaalisesti tuotettuun ongelmaan.

Ilmastomuokkaus uutena tutkimusaiheena ja antroposeenin ilmentymänä asettuu orastavana aiheena kiinnostavasti yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen kentän suuntauksiin ja aiempiin kehityskulkuihin, esimerkiksi käsityksiin ihmisen ja yhteiskuntien suhteesta luontoon ja teknologiaan osana ekomodernisaatioteorioita tai suhteessa yhteiskuntien romahtamiseen (Massa 2009; 2014a; 2014b). Massa ei käsittele antroposeenia, mutta käytettäessä antroposeeni-käsitettä kuvaamaan ihmisen toiminnan vaikutuksia maapalloon ja sen ilmastoon, ilmastomuokkaustutkimus tuntuu tuovan esille jotain oleellista. Ehkä ilmastomuokkaus tutkimusaiheena havahduttaa edelleen pohtimaan laajemmin ja uudistamaan käsitystä luonnon, ihmisen ja teknologian suhteesta vastaavasti kuin energiakriisi 1970-luvulla yhteiskuntien ja niiden fyysisten ympäristöjen vuorovaikutussuhteita (ks. Valkonen & Saaristo 2016, 15)?

Massa (2014b) näkee, että yhteiskuntatieteellisestä ympäristötutkimuksesta on jo muodostunut silta luonnontieteiden, teknisten tieteiden ja yhteiskuntatieteiden välille. Sijoittaisinkin ilmastomuokkaus- tai -korjaustutkimuksen Massan (2014a,b) jaottelussa sekä yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen toiseen eli integroivaan paradigmaan, jossa yhdistetään erilaisia relevantteja aineistoja ja naapuritieteenalojen antia ongelmalähtöisesti, että kasvavassa määrin kolmanteen suuntaukseen, tieteidenvälisyyteen.

Nykyään tieteidenvälistä tutkimusta ja -käsitteitä käytetään haettaessa ratkaisuja ongelmiin, joihin ei ole löydettävissä helppoja ratkaisuja – ilmastomuutos yhtenä näistä ongelmista. Ilmastomuokkaustutkimus asettuu antroposeenin ajassa luontevasti tieteidenvälisen yhteiskunnallisen ym-

päristötutkimuksen kenttään, jolla pyritään luovasti ratkaisemaan koko planeettaa koskevia monimutkaisia ongelmia eri tieteenalojen lähestymistapoja ja aineistoja sekä paikallis- ja alkuperäiskansatietoa yhteistuotantoprosessein yhdistäen. Erosen ym. (2016, 4) mukaan keskeinen kysymys on, ”miten maapallojärjestelmätieteen tulokset sekä historiallinen että kulttuurinen tieto voidaan kytkeä yhteen ja hyödyntää antroposeenin ajan ympäristöongelmien ratkaisemisessa ilman, että menetetään ymmärrys kulttuuristen ilmiöiden ja luonnonilmiöiden monimutkaisuudesta.” Ymmärrys globaalien tason muutosten monenlaisista vaikutuksista luonnon eri osa-alueisiin kannustaa perinteiset tieteenalarajat ylittävään tutkimukseen (mt.).

---

**Ilmastomuokkaustutkimus asettuu antroposeenin ajassa luontevasti tieteidenvälisen yhteiskunnallisen ympäristötutkimuksen kenttään, jolla pyritään luovasti ratkaisemaan koko planeettaa koskevia monimutkaisia ongelmia eri tieteenalojen lähestymistapoja ja aineistoja sekä paikallis- ja alkuperäiskansatietoa yhteistuotantoprosessein yhdistäen.**

---

Myös ilmastomuokkaustutkimuksessa tarvitaan tieteidenvälistä tutkimusta. Ilmastomuokausmenetelmien kehittämisen näkökulma on fyysikaalisten ja insinööritieteiden kenttää tai teknistä toteutettavuutta ja tehokkuutta laajempi. Näiden näkökulmien rinnalla yhteiskuntatieteiden menetelmien ja kysymyksenasettelujen rooli aiheen tutkimuksessa on viime vuosina kasvanut esimerkiksi ilmastomuokkauksen etiikan, hallintajärjestelmien, oikeudenmukaisuuden sekä paikallis- ja alkuperäiskansayhteisöihin sekä globaalien etelän maihin kohdistuvien vaikutusten kannalta. Myös UNESCO:n alainen COMEST-raportti (2023) painottaa yhteiskuntatieteellisen ilmastomuutos- ja ilmastomuokkaustutkimuksen tarvetta. Teknisen toteuttamiskelpoisuuden lisäksi on huomioitava myös menetelmien poliittinen ja muu yhteiskunnallinen toteuttamiskelpoisuus, yhteis-

kunnallinen hyväksyttävyyden eri tasoilla paikallisyhteisöistä globaalille tasolle, sekä yhteensopivuus lainsäädännön kanssa. Yksi dilemma on, että tehokkuuden ja teknisen toteutettavuuden vaatimuksen rinnalla tavoitteena tai ehtona poliittiselle ja yleiselle hyväksyttävyydelle saattaa olla mahdollisimman vähäiset tai ainakin hyväksyttävällä tasolla olevat riskit ja sivuvaikutukset, kuten mahdolliset saastevaikutukset tai alkuperäiskansojen elinympäristöihin aiheutuvat muutokset.

Voisiko yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus auttaa kehittämään ilmastonmuokkausmenetelmiä esimerkiksi yhteisöjen kanssa tehtävän tutkimuksen avulla siten, että kielteiset sivuvaikutukset pystyttäisiin pitämään hyväksyttävällä tasolla vältettävään ilmatoriskiin nähden sekä globaalilla että kansallisella, alueellisella ja paikallisella tasolla tarkastellen? Sekä ilmastonmuutoksella että ilmastonmuokkauksen eri menetelmillä ja niiden kohdennusvaihtoehdoilla voi olla erilaisia vaikutuksia eri puolilla maailmaa, niin positiivisia kuin negatiivisia, ja niiden jakautuminen on myös oikeudenmukaisuus- ja hallintakysymys. Tällaisia kysymyksiä ei voida ratkaista yksin fyysikaalisten ja insinööritieteiden voimin, vaan sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävämpien menetelmien kehittämisessä tarvitaan myös yhteiskuntatieteilijöiden, käytännössä siis yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen panosta.

Szszynski ja Galarraga (2013) ja Massa (2014) ovat kuitenkin ilmaisseet huolensa yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen tyypistymisestä luonnontieteiden kysymystenasetteluille alistetuiksi aputieteiksi; tämä koskee myös monitieteistä ja tieteidenvälistä ilmastonmuokkaututkimusta. Toisaalta tutkimuskentällä ja kansainvälisissä organisaatioissa tunnustetaan ja tunnustetaan kasvavassa määrin yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen arvo poikkitieteellisessä tutkimuksessa, jolla pyritään kehittämään ilmastonmuokkausmenetelmiä toteuttamiskelpoisiksi paitsi luonnon- ja teknillistieteellisesti, myös hyväksyttävyyden ja oikeudenmukaisuuden näkökulmista.

Massan (2014) mukaan yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen olennainen viesti on, että ihmisen kulttuuri ja luonto ovat aina kietoutuneet toisiinsa. Samoin Valkonen (2016, iv) näkee, että kaikille ympäristösosiologian tutkimuksille on ”ominaista se, että yhteiskunnan, ympäristön, eliöiden ja

asioiden väliset suhteet nähdään yhteistoiminnallisina ja yhteenkietoutuneina.” Tämä on myös antroposeenisen ajattelun ydintä (Eronen ym. 2016).

#### YHTEISKUNTATIETEELLINEN ILMASTONMUOKKAUS- TUTKIMUS SUOMESSA VASTA IDULLAAN

Ilmastonmuokkaututkimus yhteiskuntatieteelliseltä kannalta on Suomessa vielä varsin marginaalista. Kasvavaa kiinnostusta aihetta kohtaan on kuitenkin havaittavissa sekä Suomessa että kansainvälisesti niin tutkimusjulkaisujen, käynnissä olevien tutkimushankkeiden kuin tieteellisten kokousten perusteella arvioituna. Havainnollistaakseen tilannetta tarkastelin Suomessa yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen kotimaisissa päälehdissä (Terra, Alue ja Ympäristö, Fennia) julkaistuja artikkeleita. Terra-lehdessä ole toistaiseksi julkaistu vielä yhtään ilmastonmuokkausta koskevaa artikkelia (tilanne 14.6.2024; käytetyt hakusanat ”geoengineering” ja ”climate intervention”). Alue ja Ympäristö -lehdessä löytyy vuodelta 2019 yksi artikkeli, jonka lähdeluettelossa sana ”geoengineering” mainitaan, mutta artikkelissa ei käsitellä aihetta. Vertailun vuoksi: ilmastonmuutosaiheisia artikkeleita löytyy Terra-lehden arkistohausta 59 ja Alue & Ympäristö -lehdessä 60. Kaikkien maantieteen alojen tutkimusta pohjoisella fokuksella julkaisevasta englanninkielisestä Fennia-lehdestä löytyy hakusanalla ”geoengineering” kaksi artikkelia, joissa ilmastonmuokkaus mainitaan (Kaesehage ym. 2014; Huijbens & Benediktsson 2021), mutta se ei ole kummankaan artikkelin pääaiheena. Hakusanalla ”climate intervention” Fenniasta ei löydy yhtään artikkelia, mutta ilmastonmuutosaiheisia (hakusana ”climate change”) artikkeleita arkistohausta löytyy kuitenkin 81.

Kuitenkin jo vuonna 2009 joukko tutkijoita etupäässä Suomen ympäristökeskuksesta pohti Jari Lyytimäen johdolla myös ”ilmaston säätelyä” ja ”geoinsinöörien” ideoita kirjassaan ilmastonmuutoksen ja merien suojelun ekologisista kynnyksistä (Lyytimäki 2009). Vuonna 2013 ilmastonmuokkausta pohdittiin suomeksi filosofisella otteella osana ilmastoetiikkaa (Joronen 2013) ja tiedollisena haasteena (Holopainen & Helama 2013). Vertaisarvioitujen tutkimusartikkelien ulkopuolelta mainittakoon tietokirjailija Risto Isomäen (2009) kirja ”64 Ways to Absorb Carbon and Improve the Earths Reflectivity – From Reasonable options to Mad Scientist

*Solutions*”, jossa hän kuvaa ison joukon enemmän tai vähemmän vakavasti otettavia ideoita menetelmistä maapallon viilentämiseksi. Isomäki sivuaa ilmastonmuokkauskeskustelua myös uudemmassa kirjassaan ”Miten Suomi pysäyttää ilmastonmuutoksen” (Isomäki 2019). Nuorten aikuisten tiedeviestintä- ja aktivismihanke Operaatio Arktiksen vuonna 2023 suomeksi ja englanniksi julkaisema teos ”Arctic Endgame” (Operaatio Arktis 2023) ilmastonkorjauksesta pohjautuu tieteellisiin julkaisuihin. Teoksen tarkoituksena on aktivoida keskustelua ilmastonkorjauksesta Suomessa, erityisesti nuorten keskuudessa.

Toisaalta Suomessa tai suomalaisten yliopistojen piirissä tehtyä tai Suomea koskevaa yhteiskuntatieteellistä ympäristötutkimusta ilmastonmuokkauksesta laajasti ymmärrettyä on julkaistu kansainvälisissä tieteellisissä lehdissä ja muissa julkaisuissa englannin kielellä (esim. Huttunen & Hildén 2014; Luokkanen ym. 2014; Huttunen ym. 2015; Buck 2018; Cooper 2021; Mettiäinen ym. 2022). Kansainvälisissä tiedejournaaleissakin julkaisujen määrä on melko suppea, luonnontieteelliseen tutkimukseen painottuen. Kuitenkin myös yhteiskuntatieteelliseen ympäristötutkimukseen kuuluvia vertaisarvioituja julkaisuja on odotettavissa lisää jo lähiaikoina. Arktisen yliopiston (UArctic) johtamassa hankkeessa vuonna 2023 arvioitiin lähinnä teknistieteellisten kriteerien valossa 61 eri ilmastonmuokkausmenetelmää, joilla arktista aluetta on ehdotettu viilentäväksi (Alfthan ym. 2023; van Wijngaarden ym. 2024), ja tekeillä on menetelmien arviointi alkuperäiskansajärjestöjen kanssa. Lisäksi Lapin yliopiston Arktisen keskuksen tutkijoita (ml. tämän luvun kirjoittaja) on mukana vastikään alkaneessa eurooppalaisessa konsortiohankkeessa, jossa arvioidaan ja kehitetään SRM-tutkimuksen ja kenttäkokeiden hallintaa monitieteisesti ja yhteiskunnallisissa dialogissa.

Ilmastonmuokkaustutkimuksen ituaustetta osana yhteiskuntatieteellistä ympäristötutkimusta Suomessa voin kuvata myös omakohtaisilla havainnoilla joistakin alan viimeaikaisista tieteellisistä

---

Terminologiaa tarvitaan eri kielillä, jotta ilmastonmuokkauksesta ja eri menetelmistä sekä niiden hyväksyttävyydestä voidaan käydä yhteiskunnallista keskustelua tieteelliseen tutkimukseen ja muuhun asialliseen tietoon pohjautuen.

---

kokouksista. Yritin tuloksetta järjestää ilmastonmuokkausaiheisen session Lapin yliopiston isännöimään YHYS-kollokvioon v. 2018. Aihe hyväksyttiin kyllä hakukuulutukseen, mutta kukaan ei lähettänyt siihen esitelmäabstraktia, joten sessio jouduttiin perumaan. Vuonna 2020 Ympäristötiedon foorumi järjesti online-keskustelutilaisuuden ilmastonmuokkauksesta Ympäristödialogeja-sarjassaan<sup>4</sup> (Versus-lehti 2020). Vuoden 2021 Maantieteen päiville sain kokoon session, tosin kutsumalla joitakin puhujia omista verkostoistani Suomen lisäksi ulkomailta. Osa puhujista oli luonnontieteilijöitä. Vuonna 2022 Climate Move ja Operaatio Arktis järjestivät Tiedekulmassa täydelle salille keskustelutilaisuuden ”Ilmastoilta #5: Ilmastonkorjaus ja kansalaisyhteiskunta”, jossa olin itsekin yksi alustajista ja panelisteista. Operaatio Arktiksen elokuussa 2023 järjestämä tieteellinen kokous Arctic Momentum ja yleisötilaisuus keskittyivät yksinomaan ilmastonkorjaukseen. Avoin yleisötilaisuus keräsi BioRex-elokuvateatterin salin lähes täyteen nuoria aikuisia ja Suomen ilmastopolitiikan asiantuntijoita. Syksyllä 2023 Suomen ainoassa arktisessa konferenssissa, Rovaniemi Arctic Spiritissä, oli kaksi ilmastonmuokkausaiheista paneelikeskustelua, toinen erityisesti alkuperäiskansaoikeuksiin fokusoiden. Vuodenvaihteessa 2023–2024 ilmastonmuokkaus tai -korjaus ja siitä Suomessa tehtävä

4 Ympäristödialogeja-tilaisuus 18.3.2020 on edelleen kuunneltavissa podcastina osoitteessa <https://www.versuslehti.fi/kriittinen-tila/versus-podcast-ilmastonmuokkaus-viimeinen-oljenkorsi/>.



monitieteinen tutkimus on kiinnostanut mediaa kotimaassa – Helsingin Sanomat<sup>5</sup>, Ilta-Sanomat<sup>6</sup> ja Tiedeykkönen<sup>7</sup> – sekä ulkomailla – New York Times<sup>8</sup>, the Guardian<sup>9</sup> ja the Independent Barents Observer<sup>10</sup>. Kesäkuussa 2024 Helsingissä järjestetyssä Sustainability Research & Innovation -konferenssissa oli useita ilmastomuokkausaiheisia yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen piiriin laskettavia sessioita. Vuoden 2024 YHYS-kollokviiossa toivottavasti kuullaan esityksiä myös ilmastokorjausaiheista.

Vaikka viime aikoina onkin tapahtunut paljon ja kiinnostuksen ja tapahtumien kasvua voidaan kuvata nopeaksi, tutkimusaiheen ituastetta Suomessa ja suomenkielisen tiedeyhteisön keskuudessa sekä erityisesti yhteiskunnallisen keskustelun vähäisyyttä sekä ilmentää että syventää se, että ilmastomuokkauksen tai -korjauksen suomenkielinen terminologia on kehittymätöntä ja vaikiintumatonta. Terminologia kehittyi ja täsmentyi koko ajan kansainvälisessä, valtaosin englanninkielisessä julkaisuvassa tutkijayhteisössä. Kansainvälisissä yhteyksissä sanan ”geoengineering” tulkitaan kasvavassa määrin viittaavan vain auringonvalon heijastamisen menetelmiin. Siksi yleisempänä terminä suositaan nykyään ilmaisua ”climate intervention” (ilmastointerventio), mutta suomenkielisessä keskustelussa ilmastomuokkaus on edelleen käytetyin termi. Kuten Lähde (2024) toteaa, tämä saattaa sekoittaa keskustelua. Viimeaikaisissa suomenkielisissä sanomalehtiartikkeleissa sekä Operaatio Arktiksen teoksessa Arctic Endgame (Operaatio Arktis 2023) on ehdotettu muitakin suomenkielisiä kään-

nöksiä ilmastomuokkaukselle itsessään sekä sen eri menetelmille, ilmastokorjaus-termiä suosien.

Terminologiaa tarvitaan eri kielillä, jotta ilmastomuokkauksesta ja eri menetelmistä sekä niiden hyväksyttävyydestä voidaan käydä yhteiskunnallista keskustelua tieteelliseen tutkimukseen ja muuhun asialliseen tietoon pohjautuen, ei vain salaliittoteoreetikkojen, ilmastodenialistien ja ilmastomuokkausta ja sen tutkimusta vastustavien tahojen levittämän disinformaation varjossa. Toisaalta terminologian tulisi pyrkiä neutraaliuteen eikä sen enempää liialliseen pelotteluun kuin suostuttelevuuteenkaan.

Myös Suomessa kiinnostus ilmastomuokausmenetelmiä ja -tutkimusta kohtaan on kasvanut sekä tiedeyhteisön että päätöksentekijöiden keskuudessa huomattavasti vuodesta 2016, jolloin oma polkuni aiheen tutkimuksen parissa alkoi. Jos tuolloin ilmastomuokkaukseen saatettiin suhtautua tieteisfiktiona ja aiheelle jopa hieman naureskeltiin, nykyään myös ministeriötasolla seurataan tutkimusta menetelmien kehittämisestä ja niiden ympäristövaikutuksista.

Ilmastomuokkaus on tullut myös aktivismin kohteeksi. Siinä missä merkittävä osa ilmastomuutosaktivismia pyrkii kannustamaan ilmastoystävällisten henkilökohtaisten valintojen tekemiseen ja vaikuttamaan talouselämään ja politiikkoihin (Fisher & Nasrin 2021), ilmastomuokkauksen kohdalla on näkyviä järjestöjä, jotka vastustavat ilmastomuokkausta ja sen tutkimusta ja ovat välittäneet viestiään ilmastomuokkauksen riskeistä kuten

- 5 Hillitsimme lämpenemistä jo vahingossa – ”pirullinen” keino nousi taas esille. Helsingin Sanomat 27.12.2023. Kalevi Rantanen. (John Moore) <https://www.hs.fi/tiede/art-2000010016237.html>
- 6 Ilmastokorjaus? Onko tässä ratkaisu täydellisen ilmastokatastrofin välttämiseen? Ilta-Sanomat, 27.8.2023, Sara Hussein. (Ilona Mettiäinen, John Moore, Antti-Ilari Partanen, Atte Harjanne, Kai Mykkänen) <https://www.is.fi/ulkomaat/art-2000009802600.html?fbclid=IwARI1K4rb2syicHdV3j4fjkpmbJinO5poeyB3loLkhipekArhXIOMAHXPXk>
- 7 Viimeinen oljenkorsi vai vaarallinen harhapolku? Ilmastomuokkaus on tabu, josta tutkijat kaipaavat asiallista keskustelua. Tiedeykkönen, YLE, 12.3.2024, Jaro Asikainen. (Ilona Mettiäinen, Antti-Ilari Partanen) <https://areena.yle.fi/podcastit/1-67829440>
- 8 Can \$500 Million Save This Glacier? New York Times, 6.1.2024, Jon Gertner. (John Moore, Ilona Mettiäinen, Michael Wolovick, David W. Keith, Twila A. Moon, Ian Joughin, Ole Wroldsen, Lars Kullerud, Sara Olsvig, Doug MacAyeal) [https://www.nytimes.com/2024/01/06/magazine/glacier-engineering-sea-level-rise.html?unlocked\\_article\\_code=I.MEO.t2w8.x3fapQhr2KY0&smid=em-share](https://www.nytimes.com/2024/01/06/magazine/glacier-engineering-sea-level-rise.html?unlocked_article_code=I.MEO.t2w8.x3fapQhr2KY0&smid=em-share)
- 9 How do you stop a glacier from melting? Simple – put up an underwater curtain. The Guardian, 4.2.2024, Robin McKie. (John Moore, Shaun Fitzgerald) <https://www.theguardian.com/world/2024/feb/04/how-do-you-stop-a-glacier-from-melting-simple-put-up-an-underwater-curtain>
- 10 Can climate engineering be responsibly tested? Hannah Thule. The Independent Barents Observer 14.6.2024. <https://thebarentsobserver.com/en/2024/06/not-ready-it-safe-alter-climate-reduce-global-warming-researchers-arctic-centre-lapland-try>

moraalikaladosta<sup>11</sup> tehokkaasti (Sikka 2020). Toisaalta Suomessa kuitenkin on parin vuoden ajan ilmastokorjausta ja sen tutkimusta edistänyt reilu tusina nuorta aikuista Operaatio Arktis -tieteenjalkautusprojektissa. Operaatio Arktiksen tavoitteena on lisätä tietoisuutta ja yhteiskunnallista keskustelua ilmastokorjauksesta ja eri menetelmistä Suomessa erityisesti nuorten keskuudessa. Elokapina-taustaiseen joukkoon kuuluu myös saamelaisnuoria. Operaatio Arktiksen *Arctic Endgame* (Operaatio Arktis 2023) ei ole tieteellinen julkaisu, mutta se pohjautuu ilmastotutkimukseen ja ilmastomuokkausmenetelmien tutkimuksiin. Nuorten kirjoittaman teoksen tavoitteena on ollut tarjota nuorille ymmärrettävää ja ajankohtaista tietoa ilmaston tilasta ja ilmastokorjauksesta, jotta he voisivat osallistua tarvittavien toimenpiteiden arviointiin. Lisäksi Operaatio Arktis on halunnut havahduttaa päättäjiä tarttumaan toimeen ilmaston kuumentamisen lopettamiseksi ja jo tapahtuvan kärsimyksen vähentämiseksi. Aktivistiryhmittymä on onnistuneesti viestinyt ilmastomuokkaututkimuksen tarpeesta ja saavuttanut sekä nuoria että Suomen ympäristöpolitiikan tekijöitä tavalla, joka on tutkijan näkökulmasta usein saavuttamattomissa. Operaatio Arktis on myös hyvin verkottunut tutkimusmaailmaan, käy jatkuvaa dialogia tutkijoiden kanssa ja osallistuu itsekin tiedontuotantoon.

#### ILMASTOMUOKKAUS JA ARKTISET ALKUPERÄISKANSAT

Koska sen merkitys globaalille ilmastolle on niin keskeinen, Arktinen alue on ilmastomuokkaututkimuksen kiinnostuksen kohteena, puhutaanpa sitten stratosfäärihiukkasista, arktisen merijään vahvistamisesta tai Grönlannin mannerjäätikön tai Siperian ikiroudan sulamisen hidastamisesta. Keskittyminen ihmiskuntaan antroposeenin subjektina ja toisaalta ihmiskunnan näkeminen yhtenäisenä toimijana saattaa häivyttää jyrkkiäkin eroavuuksia eri ihmisryhmien välillä niiden aiheuttamisessa ja kokemissa ympäristövaikutuksissa (Eronen ym. 2016). Myös ilmastomuokkauksen luonnontieteellisessä tutkimuksessa fokus on usein globaalin keskilämpötilan laskemisessa. Antroposeenin subjektisuuden hengessä arktinen alue voisikin herkästi esiintyä ilmastomuokkaututkimukses-

sa ja päätöksenteossa ulkopuolisten tai varsinkin globaalien intressien kohteena (ks. esim. Corry 2017). Arktinen alue mielletään yllättävän usein jääerämaaksi, jossa ei asu ketään, jonka näkökulmia tarvitsisi ottaa tutkimuksessa, päätöksenteossa tai hallinnassakaan huomioon. Kuitenkaan arktinen aluekaan ei ole tyhjiö tai terra nullius, jota voisi mutkattomasti pyrkiä viilentämään globaalien tai sellaisiksi miellettyjen tai esitettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Alue on koti kahdeksan arktisen valtion 4,5 miljoonalle asukkaalle, joista noin 10 % kuuluu alkuperäiskansoihin. Ilmastomallinnukseen perustuvien, maksimaalista tai optimaalista tehoa tarkastelevien tutkimusten lisäksi onkin kasvamassa tutkimusteema, jossa tarkastellaan ilmastomuokkausmenetelmiä myös paikallis- ja alkuperäiskansayhteisöjen näkökulmasta, mikä on tieteidenvälisen yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen tärkeä sovellusalue.

Kaikki yhteisöt eivät välttämättä haluaisi poistaa ilmastomuutoksen myönteisinä nähtyjä paikallisia vaikutuksia. Esimerkiksi Grönlannissa lämpeneminen ja atlanttiset merivirrat ovat tuoneet taloudellisesti arvokkaan grönlanninpallaksen keskeiseksi kalalajiksi. Toisaalta monet alkuperäiskansakulttuurit arktisella alueella ovat sopeutuneet elämään kylmässä. Niiden hyödyntämät kala- ja eläinlajit, ympäristön kasvillisuus sekä jään, lumen, pakkasen ja ikiroudan tarjoamat mahdollisuudet riippuvat kylmästä tai viileästä ilmastosta. Esimerkiksi arktisen merijään heikkenemisen on raportoitu jo useita vuosia sitten heikentäneen mahdollisuutta käyttää koiravaljakoita jäällä liikkumiseen, metsästyseen ja kalastukseen. Ehkä merijään heikkenemistä voisi pyrkiä hidastamaan myös ilmastokorjauksen keinoin yhteistyössä alkuperäisyhteisöjen kanssa?

Vastaavasti on tarvetta tutkia sekä maapallon heijastavuutta lisäävien interventiovaihtoehtojen vaikutusta merkityksellisiksi koettuihin alueellisiin ilmastotekijöihin, kuten sateisuuteen, lumiolosuhteisiin tai keskeisiin ravintokasveihin eri puolilla maapalloa, että hiilen sieppaamiseen tarkoitettujen laitosten ja viljelymuotojen tai merenpohjaan asetettavien verhojen paikallisia ympäristövaikutuksia. Kaikki tämä on olennaisesti tieteidenvälisen yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen kenttää,

<sup>11</sup> Moral hazard eli riski, että motivaatio ilmastomuutoksen hillintään päästövähennyksiin heikkenee, jos niille ajatellaan olevan vaihtoehto.

---

## Osallistavien tapaustutkimusten ja tiedon yhteistuotantoprosessien kautta on mahdollista löytää yhteisöille tärkeitä uusia tutkimuskysymyksiä ja suunnata tutkimusta niihin.

---

kun pyritään monitieteiseen tai tieteenalojen väliin ja alkuperäiskansojen ja muuta paikallistietoa yhdistäviin tiedon yhteistuotannon prosesseihin.

On selvää, että oikeudenmukaisessa ja alkuperäiskansojen oikeuksia ja muita ihmisoikeuksia (ja kansainvälistä oikeutta) kunnioittavassa maailmassa ilmastonkorjausmenetelmien toteuttamiskelpoisuus ei voi riippua vain teknillis-tieteellisestä tai globaalisti määrittävistä (tai globaaleiksi mielletyistä) intresseistä lähtien, vaan vaaditaan myös yhteiskunnallista toteuttamiskelpoisuutta, johon kuuluu olennaisena osana poliittinen ja lainsäädännöllinen toteuttamiskelpoisuus, yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden eri aluetasoilla, sekä oikeudenmukaisuuskysymykset. Hyväksyttävyyden ja sitä kautta toteuttamiskelpoisuuden ehtoja voidaan tutkia vain ihmistieteellisin menetelmin, esimerkiksi poikkitieteellisten tiedon yhteistuotantoprosessien kautta tai asenteita kartoittavin tutkimuksin.

Kun tarkoitus on tuoda paikallisten asukkaiden ääntä kuuluviin sen suhteen, mitkä ilmasto-olosuhteet heille, heidän kulttuurilleen ja elinkeinoilleen ovat tärkeitä ja säilyttämisen arvoisia (joko ilmastonmuokkauksella tai sen vaikutuksilta suojattavia), miten heidän ympäristönsä kuten jäävuononsa toimii (alkuperäiskansatieto) tai kun pitää tunnistaa muita eri aluetasojen paikallistuvia erityisiä toiveita ja tulevaisuuden suuntia, tieteidenvälinen yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus on paikallaan. Vaikka tiede voi ennustaa tulevia ilmastollisia muutoksia ja pyrkiä kehittämään niihin erilaisia ratkaisuja, kukaan muu kuin alueiden ja yhteisöjen asukkaat ei voi tietää, mitä alueet ja yhteisöt itse haluavat ilmastotulevaisuudeltaan. Näin voidaan myös välttää kolonialismia, eli paikallis- ja alkuperäiskansayhteisöjen etujen uhraamista ja sivuuttamista ”yleisen”, jopa globaalien edun vuoksi.

Erityisesti alkuperäiskansojen oikeudet ovatkin kasvattamassa painoarvoaan sekä ilmastonkorjauksen tutkimuksessa että hallinnan saralla. Vuoteen 2023 mennessä alkuperäiskansojen oikeuksia oli esimerkiksi pohdittu ihmisoikeuksien kannalta lähinnä ilmastonmuutokseen liittyen, mutta vuonna 2023 YK:n ihmisoikeusneuvoston dokumenteissa alettiin jo keskustella ihmisoikeuksista (ml. alkuperäiskansojen oikeudet) uusiin ilmastonsuojelumenetelmiin liittyen (United Nations 2023). Vaikka alkuperäiskansojen tietoa tietämysjärjestelmänä tai heidän näkemyksiään ilmastosopeutumisesta ei ole aina arvostettu länsimaisen tieteen piirissä, nykyään sitä arvostetaan erityisesti ilmastonmuutoksen konteksteissa. Alkuperäiskansatiedon ja länsimaisen tieteellisen tiedon yhdistely poikkitieteellisessä tutkimuksessa ilmastonmuokkausmenetelmistä osana tiedon yhteistuotantoprosesseja on tieteidenvälisen yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen kiinnostuksen kohteena (esim. Mettiäinen ym. käsikirjoitus; Chuffart ym. 2023).

*Free prior informed consent* (FPIC) on keskeinen periaate alkuperäiskansojen osallistamiseen liittyen sekä ilmastonkorjaustutkimuksessa että muussa tutkimuksessa YK:n alkuperäiskansaoikeuksien takamana ja yleisesti ihmisoikeuksiin liittyvänä olotuvuutena ilmastonsuojeluteknologioihin liittyen (United Nations 2018; 2023). FPIC:iin sisältyy myös oikeus kieltäytyä tutkimuksesta. Aiemmin mainittu Kiirunaan, Pohjois-Ruotsiin suunniteltu SCOPEX-kenttäkoe jouduttiin perumaan saamelaisjärjestön vastustuksesta, muun muassa neuvottelujen laiminlyömisestä vuoksi (Cooper 2021). SCOPEX-kenttäkokeeseen viitataan usein, ja siitä saattoi tulla stratosfäärihiukkaskasmenetelmän kokeellisen tutkimuksen historiaan kielteinen esimerkki, jolla on pitkä varjo.

Alkuperäiskansojen oikeutta osallistua ilmastonkorjausmenetelmien tutkimukseen esimerkiksi tieteidenvälisissä tai poikkitieteellisissä tiedon yhteistuotantoprosesseissa voidaan perustella monin argumentein. Tutkimukseen osallistuminen on tärkeää paitsi ihmisoikeuksien, tutkimusetiikan ja oikeudenmukaisuuden näkökulmista, myös siksi, että osallistava tutkimus mahdollistaa menetelmien kehittämisen: osallistavien tapaustutkimusten ja tiedon yhteistuotantoprosessien kautta on mahdollista löytää yhteisöille tärkeitä uusia tutkimuskysymyksiä ja suunnata tutkimusta niihin. Kun tuotetaan tietoa yhdessä globaalien etelän tai arkti-

sen alueen alkuperäiskansa- ja muiden yhteisöjen kanssa, menetelmiä voidaan pyrkiä parantamaan ja kehittämään sellaisiksi, että ei-toivottuja ympäristöllisiä, kulttuurisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia voitaisiin välttää ja tavoittaa yhteiskunnallisesti toivottuja lopputuloksia. Lisääntyvä tutkittu tieto yhteisöille ja alkuperäiskansoille tärkeistä asioista mahdollistaa myöhemässä vaiheessa tietoon perustuvaa päätöksentekoa. Jos tutkimusta tehtäisiin ainoastaan länsimaiden tai teollisuusmaiden näkökulmasta, on riskinä, että tuloksena olisi SRM-designeja, joissa globaali etelä ja arktiset alkuperäiskansat kärsisivät paitsi ilmastomuutoksen vaikutuksista, myös ilmastomuokkauksen sivuvaikutuksista.

Ilmastokorjausta koskevassa yhteiskuntatieteellisessä ympäristötutkimuksessa voi tulla esille myös perustavanlaatuisia maailmankuvallisia ja muita käsityseroja. Tuoreessa tutkimuksessamme (Mettiäinen ym. käsikirjoitus) tarkastelimme merenpohjan verhomenetelmän spekulatiivisen kestävän ja hyväksyttävän käyttöönoton ehtoja globaalien merenpinnan nousun hillitsemiseksi. Tutkimuskohteessamme Ilulissatin jäävuonossa Grönlannissa ilmeni, että verholla ei olisi juurikaan paikallista hyväksyttävyyttä. Verhon käyttöönotossa tai testaamisessa jäävuonossa nähtiin useita ongelmia kestävyyden ja oikeudenmukaisuuden kannalta. Nämä liittyivät esimerkiksi verhon mahdollisiin ekologiin vaikutuksiin ja yhteensopimattomuuteen keskeisten kalastusmenetelmien kanssa. Yksi perusteluista oli maailmankuvaan liittyvä ajatus ihmisen paikasta osana luontoa: ihminen ei voi kontrolloida tai hallita luontoa, vaan luonto on aina muuttunut ja ihminen on aina sopeutunut siihen.<sup>12</sup> Erityisesti jäätiköiden ja massiivisten (joskin viime vuosikymmeninä pienentyneiden) jäävuorten kohdalla käsitys luonnosta ihmistä mahtavampana on varsin ymmärrettävä. Yhteisön jäsenet epäilivätkin verhomenetelmän tehokkuutta Jakobshavn-jäätikön vakauttamisessa, ja olivatkin oikeassa siinä – kyseisen jäätikön romahtamista ei voida enää tällä keinolla pysäyttää (Zhao ym. käsikirjoitus).

Monet kohdennetuista tai kryosfäärisistä ilmastokorjausmenetelmistä sijoittuvat arktisten alkuperäiskansojen elinympäristöihin. Useat näistä

muistuttavat maankäytön suunnittelua tai luonnonvarahankkeita. Vihreä siirtymä näkyy jo alkuperäiskansojen alueella tuulipuistoina, vesivoiman vaatimina patoaltaina ja kaivoksina. Nämä heikentävät ja vähentävät esimerkiksi porojen laidunalueita (esim. Cambou ym. 2021). Kun alkuperäiskansojen alueille sijoitetaan uusiutuvan energian hankkeita tai sähköistämiseen vaadittavien mineraalien kaivostoimintaa, puhutaan vihreästä kolonialismista, jossa alkuperäiskansojen etu uhrataan jälleen ”yleisen edun” eteen. Oikeudenmukaisuusnäkökulmasta on olennaista, että ilmastokorjauksesta ei tulisi uutta kolonialismin aaltoa aiempien päälle. Tässä inklusiivisella ja dekoloniaalisella yhteiskuntatieteellisellä ympäristötutkimuksella voi olla paljon annettavaa sekä arktisella alueella että globaalisti. Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus, kuten yhteisöjä osallistava tiedon yhteistuotanto ilmastomuokkausmenetelmistä, voi antaa äänen sellaisille tahoille, joiden näkökulmat ja kysymykset eivät muuten tulisi harkittavaksi ilmastointerventioita kehitettäessä. Tällaisia teemoja voivat olla vaikkapa menetelmien toteuttamisen vaikutukset luontopohjaisiin elinkeinoihin sekä ympäristösuhteiden ja maailmankuvien kaltaiset periaatteellisemmat tekijät suhtautumisessa ilmastointerventioihin.

Toisaalta tutkimusväsymys vaivaa jo monia arktisia alkuperäiskansayhteisöjä. Tämä voi vaarantaa heidän näkökulmiensa saamisen mukaan tutkimuksen kautta.

#### LOPUKSI

Ilmastomuokkaus on kehittyvä ja ristiriitainen aihe sekä tutkimusaiheena että yhteiskunnallisessa keskustelussa. Ilmastomuokkausta on ehdotettu yhtenä spekulatiivisena, täydentävänä ja väliaikaisena strategisena ilmastomuutoksen ratkaisuna ja ristiriidat liittyvät menetelmien mahdolliseen käyttöönottoon tulevaisuudessa. Hillintä päästövähennyksin on ilmastokorjausmenetelmistä huolimatta ensisijainen ilmastomuutoksen strateginen ratkaisu, mutta nykyinen 1,5 asteen lämpenemisen raja ohitetaan jo tällä vuosikymmenellä (WMO 2023). Nähtäväksi jää, onko vuoden 2023 ilmastoneuvotteluissa sovitusta fossiilisista polttoaineista luopu-

<sup>12</sup> Jatkuvan sopeutumisen mentaliteetti tuli esille myös aiemmassa tutkimuksessamme Suomessa toimivien poronhoitajien keskuudessa (ks. Rasmus ym. 2023).

misesta ohjaamaan toimintaa sovitun mukaiseksi.

Päästövähennyksillä ja sopeutumisella voidaan vähentää ilmastonmuutoksesta aiheutuvaa kärsimystä ja menetyksiä, mutta toimivatko hillintä ja sopeutuminen keinoina riittävän nopeasti? Ilmastointerventiomenetelmiin liittyy toistaiseksi paljon epävarmuuksia, ja varsinkin kenttäkokeet ovat herättäneet vastustusta. Teknologiset ratkaisut siinä mittakaavassa, että niillä voitaisiin vaikuttaa koko maapallon ilmastoon, ovat pelottava ajatus. Toisaalta kasvihuonekaasujen tupruttelu on myös ihmistoin aiheutettu muutos globaaliin ilmastoon. Olisi suurempi riski lopettaa aiheen tutkimus kuin jatkaa sitä (Doherty ym. 2023; Ricke 2023). Ilmastonkorjausta täytyy tutkia siltä varalta, että menetelmiä joskus tarvittaisiin. Pelkkien teknillis-luonnontieteellisten tutkimusten lisäksi tarvitaan myös yhteiskuntatieteellistä tutkimusta. Jos ilmastonkorjausmenetelmiä kehitetään ja päätetään joskus ottaa käyttöön, on parempi, että aiheesta on olemassa myös yhteiskuntatieteellistä tutkimusta kuin että sen tarpeeseen herättäisiin vasta siinä kohtaa. Jos ilmastonmuokkausmenetelmät, varsinkin stratosfäärihiukkasmaiset menetelmät, osoittautuvat haitallisiksi, päätöksentekijät tarvitsevat tästä tietoa voidakseen sulkea ulos menetelmän käytön (Nature 2021). On tärkeää, että päätöksenteko voi pohjautua myös yhteiskuntatieteelliseen tutkimukseen.

Toisaalta tutkimuksen jatkaminen ei välttämättä tarkoita menetelmien käyttöönoton edistämistä, eikä aiheen tutkiminen myöskään tarkoita, että tutkija itse kannattaisi ilmastonmuokkausta ilmastonmuutoksen strategisena ratkaisuna.

Kuten Massa (2014a, 15) kirjoittaa, yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkija ”joutuu laajentamaan näkökulmaansa tieteidenvälisiin tutkimuksiin ja luonnontieteisiin”. Ilmastonkorjausta koskeva tutkimus on hyvä esimerkki yhdestä yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen tulevaisuudessa todennäköisesti nousevista suunnista. Kuten todettua, ilmastonmuokkaus tutkimusalana on Suomessa vielä varsin marginaalinen, mutta suomalaiset ja Suomessa toimivat tutkijat ovat eturivissä mukana kehittämässä ilmastointerventioita ja niiden tutkimusta niin luonnontieteiden kuin yhteiskuntatieteiden – erityisesti yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen – sekä tutkimusetiikan ja hallinnan saralla. Ilmastonkorjausmenetelmien kehittämisen lisäksi ilmastonmuokkaustutkimukseen kuuluu

olennaisesti keskustelu oikeudenmukaisuudesta prosessuaaliselta ja hyötyjen ja haittojen jakautumisen kannalta, ympäristövaikutusten ja erilaisten ympäristösuhteiden kannalta, sekä ympäristöfilosofisten ja eettisten ulottuvuuksien näkökulmista. Yhteiskuntatieteellisellä ympäristötutkimuksella on tähän paljon annettavaa.



## LÄHTEET

- ALFTHAN, B., VAN WIJNGAARDEN, A., MOORE, J., KULLERUD, L., KURVITS, T., MULELID, O. & HUSABØ, E.** (2023) FROZEN ARCTIC. A compendium of interventions to slow down, halt, and reverse the effects of climate change in the Arctic and northern regions. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8408608>
- ARMSTRONG MCKAY, D., STAAL, A., ABRAMS, J.F., WINKELMANN, R., SAKSCHEWSKI, B., LORIANI, S., FETZER, I., CORNELL, S.E., ROCKSTRÖM, J. & LENTON, T.M.** (2022) Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* 377 eabn7950. DOI:10.1126/science.abn7950
- BIERMANN, F., OOMEN, J., GUPTA, A., ALI, S.H., CONCA, K., HAJER, M.A., KASHWAN, P., KOTZÉ, L.J., LEACH, M., MESSNER, D., OKEREKE, C., PERSSON, Å., POTO NIK, J., SCHLOSBERG, D., SCOBIE, M. & VANDEVEER, S.D.** (2022) Solar geoengineering: The case for an international non-use agreement. *WIREs Climate Change* 13, e754. <https://doi.org/10.1002/wcc.754>
- BOETTCHER, M. & SCHÄFER, S.** (2017) Reflecting upon 10 years of geoengineering research: Introduction to the Crutzen + 10 special issue. *Earth's Future* 5 266–277. <https://doi.org/10.1002/2016EF000521>
- BUCK, H.J.** (2018) Perspectives on solar geoengineering from Finnish Lapland: Local insights on the global imaginary of Arctic geoengineering. *Geoforum* 91 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.020>
- BUCK, H.J., MARTIN, L.J., GEDEN, O., KAREIVA, P., KOSLOV, L., KRANTZ, W., KRAVITZ, B., NOËL, J., PARSON, E.A., PRESTON, C.J., SANCHEZ, D.L., SCARLETT, L. & TALATI, S.** (2020) Evaluating the efficacy and equity of environmental stopgap measures. *Nature Sustainability* 3 499–504. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0497-6>
- CAMBOU, D., SANDSTRÖM, P., SKARIN, A. & BORG, E.** (2021) Reindeer husbandry vs. wind energy, in: *Indigenous Peoples, Natural Resources and Governance* 39–58. Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9781003131274-3>
- CARTIER, K.M.S.** (2020) Basalts Turn Carbon into Stone for Permanent Storage. *Eos*. <http://eos.org/articles/basalts-turn-carbon-into-stone-for-permanent-storage>
- CHUFFART, R., COOPER, A.M., WOOD-DONNELLY, C. & SEDDON, L.** (2023) Old Sea, New Ice: sea ice geoengineering and indigenous rights in Arctic Ocean governance. *The Polar Journal* 13 195–215. <https://doi.org/10.1080/2154896X.2023.2269688>
- COMEST** (2023) Report of the World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST) on the ethics of climate engineering. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386677>
- COOPER, A.M.** (2021) Sámi Council resistance to SCOPEX highlights the complex questions surrounding geoengineering and consent. The Arctic Institute – Center for Circumpolar Security Studies. <https://www.thearcticinstitute.org/sami-council-resistance-scopex-highlights-complex-questions-geoengineering-consent/>
- COPERNICUS** (2024) Hottest May on record spurs call for climate action. <https://climate.copernicus.eu/hottest-may-record-spurs-call-climate-action>
- CORBETT, C.R. & PARSON, E. A.** (2022) Radical Climate Adaptation in Antarctica. *SSRN Journal* 49 77–136. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3992585>
- CORRY, O.** (2017) Globalising the Arctic Climate: Geoengineering and the Emerging Global Polity, Teoksessa Keil, K. & Knecht, S. (toim.) *Governing Arctic Change* 59–78. Palgrave Macmillan UK, London. [https://doi.org/10.1057/978-1-137-50884-3\\_4](https://doi.org/10.1057/978-1-137-50884-3_4)
- CRUTZEN, P.J.** (2006) Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? *Climatic Change* 77 211–220. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9101-y>
- CRUTZEN, P.J. & STOERMER, E.F.** (2000) The Anthropocene, Teoksessa Robin, L., Sörlin, S. & Warde, P. (toim.) *The Future of Nature. Documents of Global Change* 17–18. Yale University Press.
- DESCH, S.J., SMITH, N., GROPPA, C., VARGAS, P., JACKSON, R., KALYAAN, A., NGUYEN, P., PROBST, L., RUBIN, M.E., SINGLETON, H., SPACEK, A., TRUITT, A., ZAW, P.P. & HARTNETT, H.E.** (2017) Arctic ice management. *Earth's Future* 5 107–127. <https://doi.org/10.1002/2016EF000410>
- DOHERTY, S.J., RASCH, P.J., WOOD, R., HAYWOOD, J., FORSTER, P.M., HANSEN, J.E., BALA, G., ROBOCK, A., SINGH, BOUCHER, O., ARTAXO, P., MITCHELL, D.L., YM.** (2023) An open letter regarding research on reflecting sunlight to reduce the risks of climate change. climate intervention research letter. <https://climate-intervention-research-letter.org/>
- ERONEN, J.T., LUMMAA, K., TOIVANEN, T., LÄHDE, V., JÄRVENSIVU, P., MAJAVA, A. & VADÉN, T.** (2016) Kenen antroposeeni? Maapallojärjestelmätieteen paradigmanmuutos, ihmistieteiden antroposeeni ja käsitteiden moninaisuus. Kosmopolis.
- FIELD, L., IVANOVA, D., BHATTACHARYYA, S., MLAKER, V., SHOLTZ, A., DECCA, R., MANZARA, A., JOHNSON, D., CHRISTODOULOU, E., WALTER, P. & KATURI, K.** (2018) Increasing Arctic Sea Ice Albedo Using Localized Reversible Geoengineering. *Earth's Future* 6 882–901. <https://doi.org/10.1029/2018EF000820>
- FISHER, D.R. & NASRIN, S.** (2021) Climate activism and its effects. *WIREs Climate Change* 12, e683. <https://doi.org/10.1002/wcc.683>
- GUPTA, A., BIERMANN, F., VAN DRIEL, E., BERNAZ, N., JAYARAM, D., KIM, R.E., KOTZÉ, L.J., RUDDIGKEIT, D., VANDEVEER, S.D. & WEWERINKESINGH, M.** (2024) Towards a Non-Use Regime on Solar Geoengineering: Lessons from International Law and Governance. *TEL* 1–32. <https://doi.org/10.1017/S2047102524000050>
- HOLOPAINEN, J. & HELAMA, S.** (2013) Ilmastonmuokkauksen tekijät. *Futura* 3/2013, 67–75. Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry.
- HOUSE OF COMMONS, SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE** (2010) The Regulation of Geoengineering (London Protocol). <https://publications.parliament.uk/pa/cm200910/cmsselect/cmsstech/221/22102.htm>
- HUIJBENS, E. & BENEDIKTSSON, K.** (2021) Earth, wind and fire: island energy landscapes of the Anthropocene. *Fennia - International Journal of Geography* 199, 188–202. <https://doi.org/10.11143/fennia.113455>
- HUTTUNEN, S. & HILDÉN, M.** (2014) Framing the Controversial: Geoengineering in Academic Literature. *Science Communication* 36, 3–29. <https://doi.org/10.1177/1075547013492435>
- HUTTUNEN, S., SKYTÉN, E. & HILDÉN, M.** (2015) Emerging policy perspectives on geoengineering: An international comparison. *The Anthropocene Review* 2, 14–32. <https://doi.org/10.1177/2053019614557958>
- IPCC** (2023) *Climate Change 2023:*

- Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- ISOMÄKI, R.** (2009) 64 Ways to Absorb Carbon and Improve the Earth's Reflectivity – From Reasonable Options to Mad Scientist Solutions. *Into*.
- ISOMÄKI, R.** (2019) Miten Suomi ratkaisee ilmastonmuutoksen? *Into*.
- IUGS** (2024) The Anthropocene. [https://www.iugs.org/\\_files/ugd/fifco7\\_4odra7ed58de458c9f8f24de5e739663.pdf](https://www.iugs.org/_files/ugd/fifco7_4odra7ed58de458c9f8f24de5e739663.pdf)
- JORONEN, S.** (2013) Ilmastonmuokkauksen etiikasta. Teoksessa Kortetmäki, T., Laitinen, A. & Yrjönsuuri, M. (toim.) Ajatuksia ilmastoetiikasta 137–152. *SoPhi*.
- KAESEHAGE, K., LEYSHON, M. & CASELDINE, C.** (2014) Communicating climate change – Learning from business: challenging values, changing economic thinking, innovating the low carbon economy. *Fennia – International Journal of Geography* 192, 81–99.
- KEEFER, B., WOLOVICK, M. & MOORE, J.C.** (2023) Feasibility of ice sheet conservation using seabed anchored curtains. *PNAS Nexus* 2, pgado53. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgado53>
- LÄHDE, V.** (2024) "Ilmastonmuokkauksen" hämärä kaatoluokka. *BIOS*. <https://bios.fi/ilmastonmuokkauksen-hamara-kaatoluokka/>
- LENTON, T.M., ROCKSTRÖM, J., GAFFNEY, O., RAHMSTORF, S., RICHARDSON, K., STEFFEN, W. & SCHELLNHUBER, H.J.** (2019) Climate tipping points — too risky to bet against. *Nature* 575, 592–595. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03595-0>
- LIN, A.** (2013) Does Geoengineering Present a Moral Hazard? *Ecology Law Quarterly* 40, 673–712. <https://escholarship.org/uc/item/7thodpd>
- LOCKLEY, A., WOLOVICK, M., KEEFER, B., GLADSTONE, R., ZHAO, L.-Y. & MOORE, J.C.** (2020) Glacier geoengineering to address sea-level rise: A geotechnical approach. *Advances in Climate Change Research, Special Issue on Climate change for coastal areas: risks, adaptation and acceptability* 11, 401–414. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.11.008>
- LUOKKANEN, M., HUTTUNEN, S. & HILDÉN, M.** (2014) Geoengineering, news media and metaphors: Framing the controversial. *Public Understanding of Science* 23, 966–981. <https://doi.org/10.1177/0963662513475966>
- MACIAS-FAURIA, M., JEPSON, P., ZIMOV, N. & MALHI, Y.** (2020) Pleistocene Arctic megafaunal ecological engineering as a natural climate solution? *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375, 20190122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0122>
- MASSA, I.** (2009) Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen paradigmat ja keskeisimmät suuntaukset. Teoksessa Massa, I. (toim.) *Vihreä teoria. Ympäristö yhteiskuntateorioissa* 9–44. Gaudeamus, Helsinki.
- MASSA, I.** (2014a) Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen lähtökohtia. Teoksessa: Massa, I. (toim.) *Polkuja yhteiskuntatieteelliseen ympäristötutkimukseen* 11–30. Gaudeamus, Helsinki.
- MASSA, I.** (2014b) Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen kehitysnäkymiä. Teoksessa Massa, I. (toim.) *Polkuja yhteiskuntatieteelliseen ympäristötutkimukseen* 246–251. Gaudeamus, Helsinki.
- MERK, C. & WAGNER, G.** (2024) Presenting balanced geoengineering information has little effect on mitigation engagement. *Climatic Change* 177, 11. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03671-5>
- METTIÄINEN, I., BUCK, H.J., MACMARTIN, D.G. & RICKE, K.L.** (2022) 'Bog here, marshland there': tensions in co-producing scientific knowledge on solar geoengineering in the Arctic. *Environmental Research Letters* 17, 045001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5715>
- MOORE, J.C., GLADSTONE, R., ZWINGER, T. & WOLOVICK, M.** (2018) Geoengineer polar glaciers to slow sea-level rise. *Nature* 555, 303–305. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-03036-4>
- MOORE, J.C., METTIÄINEN, I., WOLOVICK, M., ZHAO, L., GLADSTONE, R., CHEN, Y., KIRCHNER, S. & KOIVUROVA, T.** (2021) Targeted Geoengineering: Local Interventions with Global Implications. *Global Policy* 12, 108–118. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12867>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL** (2015) *Climate Intervention: Reflecting Sunlight to Cool Earth*. The National Academies Press, Washington, DC. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18988/climate-intervention-reflecting-sunlight-to-cool-earth>
- NATURE** (2021) Give research into solar geoengineering a chance. Editorial. *Nature* 593, 167. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01243-0>
- OPERAATIO ARKTIS** (2023) Arctic Endgame. Operaatio Arktis. <https://www.operaatioarktis.fi/arctic-endgame>
- RANTANEN, M., KARPECHKO, A.Y., LIPPONEN, A., NORDLING, K., HYVÄRINEN, O., RUOSTEENOJA, K., VIHMA, T. & LAAKSONEN, A.** (2022) The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth & Environment* 3, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>
- RASMUS, S., LANDAUER, M., LEHTONEN, I., METTIÄINEN, I., SORVALI, J., KUMPULA, J., TUOMENVIRTA, H. & TURUNEN, M.** (2023) Porotalouden sopeutuminen ilmastonmuutokseen – miten haitalliset vaikutukset voidaan minimoida? CLIMINI-hankkeen loppuraportti (No. 64), Arktisen keskuksen tiedotteita. Arktinen keskus, Lapin yliopisto, Rovaniemi. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-337-363-1>
- RICKE, K.** (2023) Solar geoengineering is scary — that's why we should research it. *Nature* 614, 391–391. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00413-6>
- RIPPLE, W.J., WOLF, C., GREGG, J.W., ROCKSTRÖM, J., NEWSOME, T.M., LAW, B.E., MARQUES, L., LENTON, T.M., XU, C., HUQ, S., SIMONS, L. & KING, S.D.A.** (2023) The 2023 state of the climate report: Entering uncharted territory. *BioScience* biado80. <https://doi.org/10.1093/biosci/biado80>
- SIKKA, T.** (2020) Activism and Neoliberalism: Two Sides of Geoengineering Discourse. *Capitalism Nature Socialism* 31, 84–102. <https://doi.org/10.1080/10455752.2018.1554690>
- SZERSZYNSKI, B. & GALARRAGA, M.** (2013) Geoengineering Knowledge: Interdisciplinarity and the Shaping of Climate Engineering Research. *Environment and Planning A: Economy and Space* 45, 2817–2824. <https://doi.org/10.1068/a45647>
- THE ROYAL SOCIETY** (2009) *Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty*. The Royal Society, London. <https://royalsociety.org/news-resources/publications/2009/geoengineering-climate/>

- UNESCO** (2009) Climate Change and Arctic Sustainable Development: scientific, social, cultural and educational challenges. UNESCO: Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186364>
- UNFCCC** (2023) New Analysis of National Climate Plans: Insufficient Progress Made, COP28 Must Set Stage for Immediate Action. UN Climate Press Release. <https://unfccc.int/news/new-analysis-of-national-climate-plans-insufficient-progress-made-cop28-must-set-stage-for-immediate>
- UNHRC** (2018) Free, prior and informed consent: a human rights-based approach. Study of the Expert Mechanism on the Rights of Indigenous Peoples. <https://www.ohchr.org/en/documents/thematic-reports/free-prior-and-informed-consent-human-rights-based-approach-study-expert>
- UNHRC** (2023) Impact of new technologies intended for climate protection on the enjoyment of human rights. Report of the Human Rights Council Advisory Committee. <https://www.ohchr.org/en/hr-bodies/hrc/advisory-committee/impact-of-new-technologies>
- VALKONEN, J. & SAARISTO, K.** (2016) Luonto ja yhteiskunta - ympäristösosiologian lähtökohdat. Teoksessa Valkonen, J. (toim.). *Ympäristösosiologia* 7–28. SoPhi.
- VALKONEN, J.** (2016) *Ympäristösosiologia*. SoPhi.
- VAN DIJKE, L., HENDRIKSE, H. & YPMA, F.** (2023) Assessment of Regional Arctic Ice Management With a Focus on Solar Radiation Management. [https://arcticreflections.earth/wp-content/uploads/2024/07/Manuscript\\_Assessment\\_of\\_regional\\_AIM\\_with\\_a\\_focus\\_on\\_SRM.pdf](https://arcticreflections.earth/wp-content/uploads/2024/07/Manuscript_Assessment_of_regional_AIM_with_a_focus_on_SRM.pdf)
- VAN WIJNGAARDEN, A., MOORE, J.C., ALFTHAN, B., KURVITS, T. & KULLERUD, L.** (2024) A survey of interventions to actively conserve the frozen North. *Climatic Change* 177, 58. <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03705-6>
- VERSUS-LEHTI** (2020) Versus-podcast: Ilmastomuokkaus – viimeinen oljenkorsi? 18.3.2020. <https://www.versuslehti.fi/kriittinen-tila/versus-podcast-ilmastonmuokkaus-viimeinen-oljenkorsi/>
- WMO** (2023) Global Temperatures set to reach new records in next five years, 17 May 2023, <https://public.wmo.int/media/news/global-temperatures-set-reach-new-records-next-five-years>
- WOLOVICK, M., MOORE, J., JAIMAN, R., JELOVICA, J. & KEEFER, B.** (2020) Targeted Glacial Geoengineering through Seabed Anchored Curtains (No. EGU2020-8750). Presented at the EGU2020, Copernicus Meetings. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-8750>
- WOLOVICK, M.J. & MOORE, J.C.** (2018) Stopping the flood: could we use targeted geoengineering to mitigate sea level rise? *The Cryosphere* 12, 2955–2967. <https://doi.org/10.5194/tc-12-2955-2018>