

Onko Jäämeri

Ilmastopuskuri vai

■ Jäämerta peittänyt ikijää hupenee. Meren pinta-alasta kaksi kolmannesta lainehtii kesäisin vapaana. Valtameren sulamisen ja jäätymisen synnyttämään takaisinkytkentään liittyy niin suuri lämpövuoto, että se vaikuttaa huomattavasti pohjoisten alueiden talvi-ilmastoon.

Pertti Koukkari

Maailma lämpenee ja Jäämeri sulaa. Samalla mullistuu pohjoinen ilmasto.

Lämpöpumppu?

Tuoreet havainnot kertovat, että Grönlannin pohjoispuolelle on muodostunut kymmeniä kilometrejä avointa vettä. Sula meri laajenee jatkuvasti kohti pohjoista.

Grönlannin pohjoisrannan sulamista tapahtui aiemmin vain kesäaikaan. Helmikuussa 2018 ilmiö havaittiin ensimmäisen kerran myös keskellä talvea.

Napa-alueen tutkijat ovat olleet hämmästyneitä, sillä alueen jäätä on pidetty vahvimpana koko maapallon merijäestä. Mistä nopea muutos voi johtua?

Meret ovat maapallon ilmaston ensisijaisia sääntelijöitä. Ne ovat imeneet itseensä jopa 90 prosenttia planeetan lämpenemisestä.

Merillä ajatellaan siis olevan tasapainottava vaikutus ilmaston lämpenemiseen, sillä niiden mittava lämmönvauruskyky on ollut erinomainen puskuri ilmastonmuutoksen hallitsemattomia vaikutuksia vastaan.

Globaalissa mitassa tämä pitää paikkansa. Pääosa merien vesivarannoista sijaitsee alueella, jolla ne pysyvät ympäri vuoden sulina ja voivat niin ollen sitoa lämpöä ilmakehästä suuriin vesimassoihin.

Jäämeren osalta tilanne on kuitenkin toinen. Napa-alueella kylmä vuodenaika aiheuttaa väistämättä jääpeitteen muodostumisen. Tämä vapauttaa ilmakehään lämpömäärän, jonka seurauksena syntyy nopeita muutoksia pohjoisen kalottialueen sääoloihin.

Meillä Suomessa on jo yli vuosikymmenen ajan saatu kokea näiden suurimittaisten ilmiöiden vaikutukset ennen kaikkea talvisäiden epänormaaleina vaihteluina.

Nopeat faasimuutokset yllättivät tutkijat

Pohjoisen pallonpuoliskon ilmaston lämpenemisen seurauksena erittäin suuri osa Jäämerestä on siirtynyt jatkuvaan vuotuisen jäätymis-sulamiskierto. Yhtenäisen pysyvän jääpeitteen osuus on samalla vähentynyt.

Talvikausina jää etenee edelleen peittämään miltei samat 14–15 miljoonaa neliökilometriä kuin aiempinakin vuosikymmeninä. Tämä tarkoittaa, että talvisin muodostuu uutta jäätä paljon totuttua suuremmalle merialueelle.

Ilmastonmuutokseen liittyvien sääil-

miöiden selitysmalleissa on yleisesti otettu huomioon ilmakehän ja valtamerien välinen vuorovaikutus ja edelleen pohjoisten alueiden lumi- ja jääpeitteen muuntelu.

Jääpeiton osalta selityksissä on erityisesti korostettu sen niin sanottua albedovaikutusta auringon säteilyn heijastajana takaisin avaruuteen. Toisaalta jääpeite toimii eristeenä, joka vaimentaa lämmön virtausta merestä ilmakehään.

Säteily- ja eristevaikutuksen ohella vaikuttaa myös nopeampi sisäinen kytkentä, joka aiheutuu yksinkertaisesti suurten merialojen sulamis-jäätymis-kierrosta: ilmeinen seikka, joka kuitenkin monesti sivuutetaan etenkin pitempiaikaista ilmastonmuutosta koskevissa kuvauksissa.

Syynä on, että sen oletetaan kuuluvan vuosittain palautuviin ilmiöihin. Toisin sanoen keväiseen sulamiseen ja talvikauden jäätymiseen liittyvien lämpömuutosten on pitkäaikaistarkasteluissa ajateltu kumoavan toisensa.

Kansainvälisessä ilmastotutkimuksessa Jäämeren nopea sulaminen on yleisesti koettu yllättäväksi. Globaalien ilmas-

» » »

tomallien pitkiin, vuosikymmenten mittaisiin aikaskaaloihin verrattuina äkilliset, päivissä tai viikoissa tapahtuvat faasimuutokset eivät olekaan helposti otettavissa huomioon.

Pieni vesimäärä lämmittää ison määrän ilmaa

Jään sulaminen vaatii tunnetusti lämpöä. Kilogramma nolla-asteista jäätä tarvitsee lämpöenergiaa noin 335 ki-

lojoulea sulaakseen vedeksi samassa lämpötilassa.

Kun vesi jäätyy, lämpövirta tapahtuu päinvastaiseen suuntaan. Tämä jäätymisessä vapautuva sulamislämpö on yhtä suuri kuin se, jonka 80-asteinen vesi luovuttaa jäähtyessään nolla-asteiseksi.

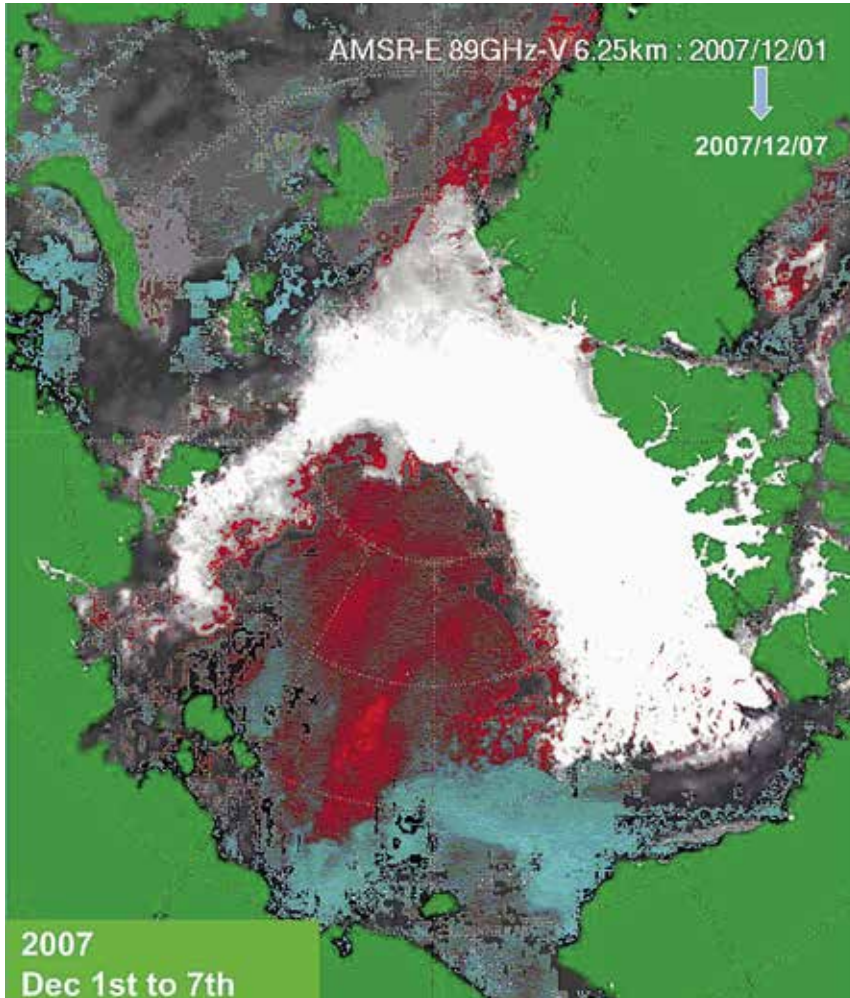
Ilman kyky sitoa lämpöä on sen sijaan varsin pieni. Siten jo suhteellisesti pienen vesimäärän jäätyminen lämmittää suuren määrän ilmaa. Kun yksi gramma vettä jäätyy, se lämmittää 50 litraa ilmaa noin viiden celsiusasteen verran.

Vaikka meriveden vastaava latenttilämpö on suolan vapautumisen takia jonkin verran pienempi, Jäämeren jäätymiseen ja sulamiseen liittyvät nämä samat lämpöilmiöt – mutta huomattavan isossa mittakaavassa.

Merijään sulaminen kesäkaudella ja tämän aiheuttama albedovaikutuksen poistuminen sitovat vedestä ja ilmasta runsaasti lämpöä, joka vapautuu jäätyksen yhteydessä talvisin.

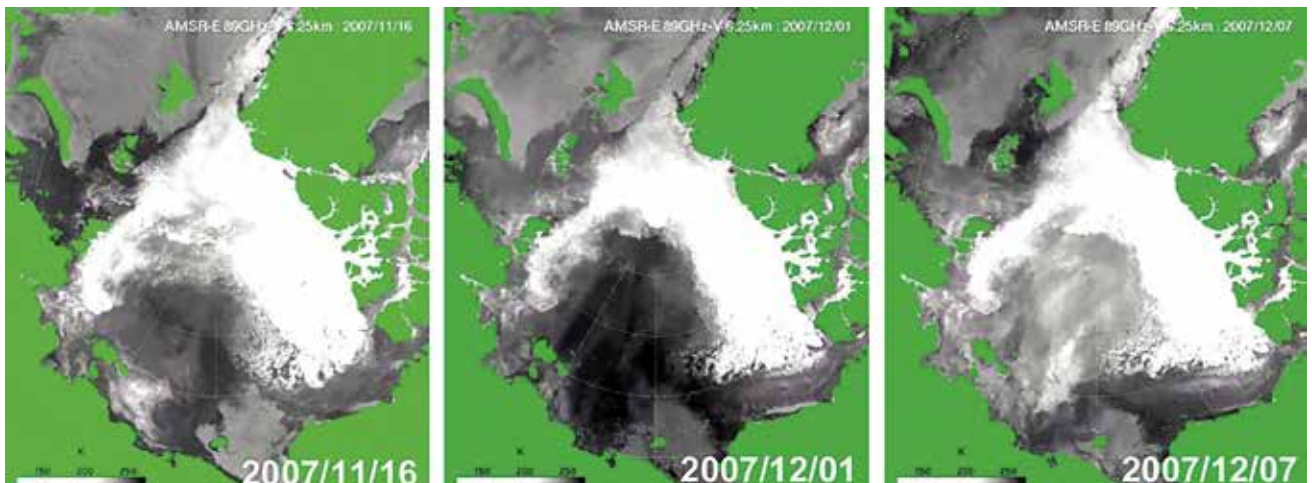
Termodynamiikan toisen pääsääntön mukaan lämpö voi siirtyä vain yhteen suuntaan, kylmään päin. Meren jäätyessä lämpö siirtyy pakkasilmaan.

Kun siis vesi Jäämerellä jäätyy, mereen varastoitunutta lämpöä vapautuu



Harvinainen kuvadata havainnollistaa voimakasta latenttilämmön vapautumista Jäämerellä joulukuussa 2007. Jäämeren jääala oli edeltävänä kesänä ollut ennätyskellisen pieni. Punaisina näkyvät alueet jäättyivät 1.–7. joulukuuta ja vapauttivat sulamislämmön ilmakehään. Tulos on saatu kuvamanipulaatiolla alkuperäisestä Jamstecin videosta.

Värikuvat on taltioitu pysäytyskuvina Japanin merentutkimusinstituutin Jamstecin havaintovideoista. Jääalaa on korostettu kuvakontrastin avulla. Kaikissa kuvissa on yhtäläinen kontrastimuutos. Ensimmäisen kuvan punaiset alueet on saatu aikaan negatiivimuunnoksella ja kuvien päällekkäisyydellä.



Jäätymsirytmin vaihtelut alkutalvella. Marraskuun puolivälissä 2007 jääpeite Itä-Siperian meren pohjoispuolella oli laajempi kuin joulukuun alussa, jolloin saman laajan alueen jäätyminen käynnistyi uudelleen.

lähialueen ilmakehään lyhyessä ajassa suuri määrä.

Jäätyvä valtameri kuin toinen Golfvirta

Kymmenen vuoden takainen talvikausi 2007–2008 oli Itämeren alueen lämpimin yli sataan vuoteen.

Jäämeren jääala oli edeltävänä kesänä ollut ennätyskellisen pieni. Kanadan pohjoispuolinen Luoteisväylä oli ensimmäistä kertaa tunnetussa historiasa vapautunut jäästä, joka siihen asti oli muodostanut esteen laivaliikenteelle.

Seuraavan talven jääpeitteen muodostumista oli mahdollista seurata Japanin merentutkimusinstituutin Jamstecin (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) internetissä julkaiseman videon perusteella.

Yksinkertaisen kuvamanipulaation avulla voidaan myös havainnollistaa jäätymiseen liittyvää sulamislämmön vapautumista ilmakehään joulukuun ensimmäisellä viikolla 20017.

Jos muodostuneen jääpeiton vahvuudeksi arvioidaan noin 20 senttimetriä, lämmön vapautumisnopeus on noin 100 wattia neliometriä kohden.

Tätä arvoa voidaan verrata pohjoisen Atlantin merivirroista vapautuvaan lämpövuohon, joka on suuruusluokkaa 100–140 wattia neliometriä kohti.

Jäätyvä valtameri siis vastaa ajoittain lämpöeholtaan miltei toista Golfvirtaa.

Kaksinkertainen noidankehä

Jäätä on pohjan perillä tietenkin muodostunut aina. Ero entiseen on, että kuvan paljastama muutos tapahtui nyt huomattavan suurella pinta-alalla varsin lyhyen ajanjakson kuluessa.

Aikaisempina ”normaalivuosina” näiden alueiden stabiili – ja nykyistä huomattavasti paksumpi – jääpeite toimi tehokkaana eristeenä. Jäätymistä tapahtui sen reuna-alueilla, ja napa-alueiden ilmakehän ”kylmiö” riitti jo alkutalvesta jäädyttämään pohjoista manneraluetta paljon laajemmalti kuin nykyisin.

Suurten merialojen jääpeitteen muodostuminen ei myöskään tapahdu yhtäjaksoisesti. Suurilla alueilla jää joko sulaa tai siirtyy merivirtojen mukana muualle antaen tilaa uuden jääpeitteen syntymiseen samalle alalle.

Muutaman viikon välein toistuva jääalojen vetäytyminen ja uudelleen

Maantiede määrää ilmastomme

Lämpöilmioiden mittasuhdetta voidaan kuvata seuraavalla yksinkertaisella ajatuskokeella. Arvioidaan, kuinka paljon miljoonan neliökilometrin laajuisen jääkentän synty napa-alueella lämmittää paikallaan pysyvää ilmaa pallopinnalla.

Oletetaan muodostuvan jään paksuudeksi 20 senttimetriä ja otetaan huomioon vain alemmat ilmakerrokset noin 500 metrin korkeuteen asti.

Tällöin saadaan tulokseksi, että kertaluonteinen lämpötilan nousu olisi Jäämeren alueella useita asteita. Noin Helsingin korkeudella eli 60. leveysasteella nousua olisi 1–2 astetta.

Kohti etelämentäessä nousu pienentyisi lopulta huomaamattomaksi, kun ilmamäärä kasvaisi pallosegmentin pinta-alan mukana.

Maapallon väkirikkailta alueilla ei siten juuri havaita suoraan tätä ilmiöstä aiheutuvia lämpötilan vaihteluita. Sen sijaan Suomessa ja

muualla pohjolassa ne koetaan tätä nykyä talvikausina ilmeisen säännönmukaisesti.

Pohjoisen pallonpuoliskon suihkuvirtauksen heikentyminen kytkeytyy sekin Jäämeren muutoksiin. Tämän seurauksena on aivan viime vuosina koettu laajemmilla alueille pitkäkestoisia epänormaaleja säätyyppejä.

Jäämeren ikijään sulaminen on suurimpia – ellei suurin – maapallon hydrosfääriin kohdistuneista muutoksista jääkauden jälkeen.

Maantieteelle emme mahda mitään. Sijaintimme vuoksi olemme Suomessa erityisen alttiina näiden ilmiöiden vaikutuksille.

Vuodenkiertomme uudet piirteet heijastavat suuren pohjoisen naapurimme olomuodon muutoksia.

Vuosittaiset faasinmuutokset eivät puskuroi vaan kiihdyttävät pohjoisten alueiden kokemaa muutosta. Jäämerellä lämpö ei varastoidu pinnan alle. Vuodenkiertoomme ilmaantuneet uudet piirteet heijastavat kiinteästi suuren pohjoisen naapurimme olomuodon muutoksia.

muodostuminen toimii lämpöpumpuna, sillä jäätyminen lämmittää jälleen ilmaa, kun taas sulamiseen tarvittava lämpö tulee talvikautenaikin ennemmin merivedestä kuin kaamosajan ilmakehästä.

Jään muodostuminen myös hillitsee itse itseään pienentäessään lämpötilaeroa meren ja sitä kylmemmän ilman välillä.

Näin syntyy kaksinkertainen noidankehä, jossa sulaminen edesauttaa meriveden lämpenemistä kesäisin, ja jäätyminen puolestaan lauhduttaa pakasilmaa talvisin.

Talven lämpöpulssit ehkä ovatkin keskeisin tekijä ilmastonmuutoksessa, joka tapahtuu pohjoisella napa-alueella nopeammin kuin muualla maailmassa.

Grönlannin avovesi kertoo puskurien rajallisuudesta

Palataan Grönlannin pohjoispuolen

avovesiin.

Vallitsevat tuulet työntävät tavallisesti ajojäättä Siperian suunnasta ja kasaavat sitä yli 20-metrisiksi röykkiöiksi Grönlannin rannikolle. Tähän asti on uskottu yleisesti, että tuon alueen jää olisi viimeisiä, joka sulaa ilmaston lämmetessä.

Dynaamisten selitysmallien *Natura non saltum facit* -periaatteen mukaan luonto ei kehity hyppäyksittäin. Faasinmuutokset kuitenkin tapahtuvat äkillisesti, kun jokin kynnyksarvo, kuten sulamislämpötila, ylittyy.

Jäämeren muuttuneen vuodenkierron luomat uhat pohjoisten alueiden luonnolle ja elinkeinoille ovat ilmeiset. Muutoksen nopeus ja mittasuhteet ovat myös varoittava osoitus maapallon puskurijärjestelmien rajallisuudesta. □

Kirjoittaja on VTT:n tutkimusprofessori.
peritti.koukkari@professori.fi