



UNIVERSITY OF HELSINKI



<https://helda.helsinki.fi>

---

## Ilmastovittuttelu ja tieteellinen epävarmuus

Ahteensuu, Marko

2020

---

Ahteensuu , M 2020 , Ilmastovittuttelu ja tieteellinen epävarmuus . julkaisussa S Kyllönen & M Oksanen (toim) , Ilmastonmuutos ja filosofia . Gaudeamus , Helsinki , Sivut 27-45 .

---

<http://hdl.handle.net/10138/340365>

---

publishedVersion

---

*Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.*

*This is an electronic reprint of the original article.*

*This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.*

*Please cite the original version.*

## 2



# Ilmastovittuttelu ja tieteellinen epävarmuus

MARKO AHTENSUU

Ilmastonmuutoksen epäilijät ja sen olemassaolon kieltäjät eli niin sanotut ilmastodenialistit ovat toistuvasti esittäneet tieteellisen varmuuden tai konsensuksen puuttumista perusteeksi ilmastotekojen lykkäämiselle. Heidän mukaansa elämäntapamuutoksiin ja muihin ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumisesta tavoitteleviin ilmastotoimiin ei tarvitse ryhtyä ennen kuin olemme täysin varmoja, että ilmasto lämpenee, että lämpeneminen on ihmisen aikaansaamaa ja että lämpenemisellä on kauaskantoisia vahingollisia seurauksia.<sup>1</sup>

Tämä väite, jota kutsun seuraavassa ilmastovittuttelu-argumentiksi, perustuu kahteen olettamukseen: (1) ilmastonmuutokseen liittyy merkittäviä tieteellisiä epävarmuuksia tai kiistoja (*epävarmuusolettamus*); (2) nämä epävarmuudet ja kiistat antavat perustelun ilmastotoimien tekemättä jättämiselle (*oikeutusolettamus*).

Tämän luvun ensimmäisessä osassa tarkastelen epävarmuusolettamusta. Luon lyhyen katsauksen siihen, mitä ilmastonmuutoksen yhteydessä tarkalleen ottaen on epäilty, kielletty tai ajateltu epävarmaksi tai kiistanalaiseksi. En ole niinkään kiinnostunut epäilijöiden motiiveista (esimerkiksi pyrkimyksestä korostaa epävarmuuksia) vaan siitä, onko epäilyille ja epävarmuuksille kestävä

perusteet.<sup>2</sup> Tarkalleen ottaen arvioin ilmastodenialistien pääväitteitä ilmastotutkimuksen historian valossa. Pysin osoittamaan, ettei ilmastomuutokseen liity epävarmuusolettamuksen mukaisia merkittäviä tieteellisiä epävarmuuksia tai kiistoja.

Luvun jälkimmäisessä osassa arvioin oikeutusolettamusta. Pääväitteeni on, ettei ilmastotoimiin ryhtymisessä tulisi alkujaankaan odottaa tieteellistä varmuutta ja konsensusta, vaan toimenpiteisiin on syytä ryhtyä jo aiemmin. Argumenttini mukaan ilmastotutkimuksella ja päätöksenteolla on eri päämäärät ja tämän takia myös eriävät virhekriteerit. Näin ollen tieteellinen varmuus ja tutkijoiden konsensus eivät sovellu ilmastotoimien ennakkoehdoksi. Tähän liittyen käsittelem myös tieteenfilosofista keskustelua induktiivisesta riskistä, jonka mukaan tutkimuksessa käytettävien virhekriteerien tulisi ”jousta” käytännön seurausten mukaisesti.<sup>3</sup> Lisäksi tarkastelen lyhyesti muita argumentteja, jotka esimerkiksi yrittävät osoittaa päätöksenteon voivan olla rationaalista, vaikkei asiasta olisi tieteellistä varmuutta ja konsensusta.

### *Puuttuuko ilmastotutkimuksesta tieteellinen varmuus?*

Ilmastodenialismilla viitataan tavallisesti ilmastomuutoksen olemassaolon tai ilmastomuutoksen ihmisperäisyyden kieltämiseen. Tarkkuuden nimissä ja erilaisten näkemysten laajan kirjon takia on kuitenkin perusteltua tehdä hienovaraisempia erotte-luja. Tutkimuskirjallisuudessa ilmastodenialismin muotoja onkin perinteisesti eroteltu seuraavasti:

- 1) Ilmiödenialismi: ilmastomuutos ei ole todellinen.
- 2) Ihmisen vaikutus -denialismi: ilmastomuutos ei johdu pääasiassa ihmisen toiminnasta.

- 3) Seurausdenialismi: globaalilla ilmaston lämpenemisellä ei ole merkittäviä vahingollisia seurauksia ihmisille, eläimille tai ympäristölle.
- 4) Konsensusdenialismi: ilmastotutkijat eivät ole yksimielisiä ilmastonmuutoksesta.<sup>4</sup>

Listaan vaikuttaisi olevan perusteltua lisätä viides muoto:

- 5) Poliitiikkadenialismi: ilmastonmuutosta ja sen vahingollisia seurauksia ei voida estää, joten toimenpiteitä sen hillitsemiseksi tai seurauksiin sopeutumiseksi ei kannata tehdä.<sup>5</sup>

Tarkastelen seuraavaksi, miten nämä viisi denialismin muotoa suhteutuvat ilmastotutkimuksen historiaan. Kiinnitän erityistä huomiota siihen, kuinka hyvin pääväitteet kestävät tutkimustiedon valossa ja milloin kukin denialismin muodoista voidaan katsoa kumotuksi. En pyri esittämään ilmastotutkimuksen kehitystä kattavasti ja askel askeleelta.

**ILMIÖDENIALISMI.** Ilmastotutkimuksen historian alkuketkenä pidetään tavallisesti vuotta 1824.<sup>6</sup> Ranskalainen matemaatikko ja fyysikko Joseph Fourier (1768–1830) teki silloin laskelman, jonka mukaan maapallo olisi merkittävästi kylmempi, jos sillä ei olisi ilmakehää. Hänen katsotaankin esittäneen ensimmäisenä hypoteesin kasvihuoneilmiöstä. 35 vuotta myöhemmin irlantilainen fyysikko John Tyndall (1820–1893) osoitti, että tietyt kaasut, erityisesti vesihöyry, estävät auringon infrapunasäteilyä. Hän myös ymmärsi näiden vaikutukset ilmakehässä: esimerkiksi hiilidioksidi estää auringon valon karkaamista takaisin avaruuteen. Tyndall siis huomasi, että kasvihuonekaasujen muutokset voisivat johtaa ilmastonmuutokseen. Vuonna 1879 Maailman ilmatieteen järjestö WMO (World Meteorological Organization) aloitti standardoidun globaalien säädatan keräämisen.

1930-luvulla raportoitiin globaali lämpenemistrendi, joka oli jatkunut edellisen vuosisadan loppupuolelta. Englantilaisen insinöörin Guy Callendarin (1898–1964) tutkimukset herättivät uudelleen kiinnostuksen ilmastomuutokseen. Yleinen ajatus tutkijoiden parissa vielä tuolloin oli kuitenkin se, että lämpeneminen johtuisi luonnollisesta syklistä, jonka syytä tosin ei tiedetty. 1950-luvulla ja 1960-luvun alussa yhdysvaltalainen tutkija Charles David Keeling (1928–2005) mittasi tarkasti hiilidioksidipitoisuuden ilmakehässä ja havaitsi säännöllisissä mittauksissaan sen vuosittaisen nousun. Samoja mittauksia on jatkettu tähän päivään asti, ja niistä syntynyt havaintodiagrammi on nimetty Keelingin käyräksi (*the Keeling curve*). Käyrä osoittaa, miten hiilidioksidin määrän jatkuva kasvu ja ilmaston lämpeneminen seuraavat erottamattomasti toisiaan. 1960-luvulla muodostui myös ymmärrys ilmastojärjestelmän kaoottisesta luonteesta, herkkyydestä ja sen mahdollisista äkkinäisistä muutoksista. Silloisten ilmastomallilaskelmien mukaan maapallon keskilämpötila voisi nousta muutaman asteen seuraavan vuosisadan aikana. Yhdysvaltalaiset tutkijat varoittivatkin poliittisia päätöksentekijöitä, mukaan luettuna presidentti Lyndon Johnsonia, ilmastomuutoksesta.

Seuraavalla vuosikymmenellä ilmastomuutosta koskeva todistusaineisto kasvoi merkittävästi ja ilmastohuoli alkoi yleistyä yhdessä ympäristöliikkeen leviämisen kanssa. Tutkijakunnan mielipide yhtenäistyi niin, että ilmaston lämpeneminen – ei sen viilentyminen – todettiin tulevan vuosisadan suurimmaksi ilmastoriskiksi. 1970-luvun puolivälin tienoilla tutkimukset osoittivat, että freonit, metaani ja otsoni voivat vaikuttaa merkittävällä tavalla kasvihuoneilmistöön. Tutkimusten mukaan lämpeneminen vaikutuksineen saattoi olla havaittavissa ennen vuosisadan loppua mutta tulisi merkittäväksi 2050-luvulle mennessä.

Tieteellinen konsensus alkoi muotoutua 1980-luvulla. Silloin myös raportoitiin ilmaston lämmenneen voimakkaasti edellisen vuosikymmenen puolivälistä lähtien. Vuosi 1981 oli siihenastisen mittaushistorian lämpimin. Tutkijat ennustivat, että lämpenemisen ”signaali” tulisi näkyviin noin vuoden 2000 tienoilla. Juuri ennen vuosikymmenen puoliväliä tutkijaryhmä esitti, että ilmaston lämpeneminen saattoi tapahtua kaksi kertaa aiemmin ennustettua nopeammin. Vuonna 1988 perustettiin hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC), jonka tehtävänä on tuottaa systemaattisia katsauksia ilmastonmuutosta koskevasta tutkimustiedosta.<sup>7</sup>

Ensimmäinen IPCC-raportti julkaistiin vuonna 1990. Sen mukaan ilmasto oli lämmennyt 0,3–0,6 celsiusastetta viimeisen vuosisadan aikana ja lämpeneminen näytti todennäköiseltä tulevaisuudessakin. Raportti toteaa varmaksi sen, että luonnollinen kasvihuoneilmiö on todellinen ja että ihmiskunta lisää merkittävästi ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksia. Tämä kiihdyttää kasvihuoneilmiötä ja johtaa ilmaston lämpenemiseen. Lämpenemisen seurauksena vesihöyryn määrä ilmakehässä lisääntyy, mikä osaltaan taas nopeuttaa lämpenemistä. Vuonna 1995 IPCC:n toisessa raportissa todetaan, että vakava (*serious*) lämpeneminen on todennäköistä tulevana vuosisatana. Kolmas raportti (2001) pitää ilmaston lämpenemistä hyvin todennäköisenä ja neljäs (2007) sanoo sitä kiistämättömäksi (*unequivocal*).

Käytännössä valtaosa tutkijoista alkoi siis olla yksimielisiä vuoden 1990 tietämällä. Tämä ei tietystikään tarkoita, että soraäänit tai kiistat olisivat tyystin lakanneet. Tieteelliset kiistat eivät kuitenkaan ole koskeneet ilmastonmuutoksen olemassaoloa, vaan ennemminkin esimerkiksi sen tarkkaa nopeutta ja suuruutta.<sup>8</sup> Vuonna 2008 useat tutkijat varoittivat, että ilmastonmuutos tapahtuu nopeammin kuin mitä vielä muutama vuosi aiemmin oli arvioitu. Vuonna 2018 maapallon keskilämpötila oli 14,7 celsiusastetta, joka on noin asteen ”esiteollista aikaa” (1850–1890)

korkeampi ja lämpimin tuhansiin vuosiin. Hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä oli 405 ppm (eli osaa miljoonaa kohden) – korkein miljooniin vuosiin. Teollisen vallankumouksen alussa pitoisuus oli ollut 290 ppm.

IHMISEN VAIKUTUS -DENIALISMI. Vuonna 1896 ruotsalainen kemisti (alun perin fyysikko) Svante Arrhenius (1859–1927) esitti ensimmäisenä, että ihmiset voisivat vaikuttaa globaaliin ilmastoon.<sup>9</sup> Hän teki laskelmia siitä, miten maapallon lämpötila riippuu kasvihuonekaasuista. Arrheniuksen mukaan hiilidioksidin määrän kaksinkertaistuminen lämmittäisi ilmastoa 5–6 celsiusastetta. Aikalaiset epäilivät Arrheniuksen laskelmia, ja tavallisena ajatuksena oli, että jos päästöt vaikuttaisivatkin, niin se tapahtuisi äärimmäisen hitaasti.

”Ilmastopalapeli” kuitenkin täydentyi tasaisen varmasti pala palalta. Esimerkiksi aiemmin ajatellun vastaisesti 1950-luvulla ymmärrettiin, etteivät valtameret imekään kaikkea ihmisen tuottamaa hiilidioksidia. Vuonna 1975 järjestetyn tieteellisen konferenssin julkilausumassa yhdistettiin ihmisperäinen kasvihuonekaasujen lisääntyminen ja globaali ilmaston lämpeneminen. Tätä seurasi ilmastotieteilijöiden vaatimus kansainvälisistä toimista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

IPCC:n toisen raportin (1995) mukaan kokonaistutkimusnäytön perusteella ihmisen toiminta vaikuttaa globaaliin ilmastoon. Kolmas raportti (2001) toteaa olevan hyvin todennäköistä, että suurin osa havaitusta ilmaston lämpenemisestä johtuu ihmiskunnan kasvihuonepäästöistä. Todistusaineisto tälle oli vahvaa, ja se vahvistui koko ajan. Asiasta oli saavutettu tieteellinen varmuus ja konsensus, vaikkakin jatkotutkimukset tarkensivat kuvaa. Voidaankin sanoa, että vuoden 2001 jälkeen (viimeistään vuonna 2003) ihmisen vaikutus -denialismi on ollut kestämatön kanta ilmastotutkimuksen valossa.<sup>10</sup> Sitä olisi hyvin vaikeaa yrittää

puolustaa perustellusti, ja todistustaakka on siirtynyt denialisteille. Neljännen IPCC-raportin (2007) mukaan on äärimmäisen epätodennäköistä, että viimeisen viidenkymmenen vuoden aikainen ilmaston lämpeneminen voitaisiin selittää vetoamalla ihmiskunnan kasvihuonekaasupäästöihin.

**SEURAUSSDENIALISMI.** Seurausdenialistit väittävät, ettei ilmastomuutos johda vakaviin vahingollisiin seurauksiin. Heidän mukaansa ilmastomuutos ei siis aiheuta esimerkiksi helleaaltojen lisääntymistä eikä hirmumyrskyjen, rankkasateiden sekä tulvien yleistymistä ja voimistumista. Napa-alueiden ja vuoristojen jäätiköt eivät sula, valtamerien pinta ei nouse, eikä merivesikään happamoidu. Kaikkia edellä mainittuja väitteitä vastaan on kuitenkin valtava määrä todistusaineistoa ja tutkimustietoa.<sup>11</sup> Esimerkiksi jo 1960-luvulla ilmastomuutoksesta huolestuneet tutkijat järjestivät asiantuntijatapaamisen, jossa varoitettiin, että merenpinnan nousu on todennäköistä, samoin suuret tulvat rannikoilla. Runsas neljäkymmentä vuotta myöhemmin lukuisat havainnot synnyttivät huolen, että jäätiköiden sulaminen (romahtaminen) voi nostaa merenpintaa nopeammin kuin aiemmin oli odotettu. Alkuvuodesta 2019 julkaistussa tutkimuksessa esitettiin, että merenpinta voi nousta jopa kaksi kertaa enemmän kuin siihen asti oli arvioitu (eli yli kaksi metriä).

Lisäksi ilmastomuutoksen havaituista ja todennäköisistä vaikutuksista on laadittu suuri määrä raporteja, kuten vuonna 1965 valmistunut yhdysvaltalaisen tutkijan Roger Revellen komitean selonteko hiilidioksidiperäisen lämpenemisen mahdollisista seurauksista. Kolmekymmentäviisi vuotta myöhemmin julkaistiin ekonomisti Thomas Schellingin komitean raportti, joka keskittyi siihen, mitä lämpeneminen tarkoittaisi yhteiskunnallisesti ja poliittisesti. Taloustieteen Nobel-palkitun William Nordhausin ryhmän selonteko puolestaan toi esille ilmastomuutoksen



ennustettuihin taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin seurauksiin liittyviä epävarmuuksia. Se ei kuitenkaan kiistänyt näiden seurausten todennäköisyyttä.

Viides IPCC-raportti (2014) varoitti, että mitä pidemmälle kasvihuonepäästöjen leikkauksia viivytellään, sitä kalliimmaksi ilmastonmuutoksen seuraukset koituvat tulevaisuudessa. Se myös kiinnitti huomion maailman ruokajärjestelmälle ja rannikkoasutukselle koituviin ongelmiin. Vuonna 2018 kävi selväksi, että kuivuudet, tulvat, trooppiset syklonit, maastopalot ja luonnon lajikirjon häviäminen seuraavat nopeammin ja pienemmällä hiilidioksidipitoisuuksilla kuin mitä siihen asti oli tutkijakunnassa oletettu.

Seurausdenialistit voivat kuitenkin yrittää vedota kahteen asiaan. Ensinnäkin on totta, että yksittäisten sääilmiöiden varmistettuun yhdistämiseen ilmastonmuutoksen kanssa liittyy epävarmuuksia ja tieteellisiä kiistoja. Vaikka näitä syy-seuraus-yhteyksiä koskevat tutkimukset ovat olleet kiisteltäviä, ilmaston lämpenemisellä on nykyisen näytön valossa lähes varmasti ollut osuutensa viimeaikaisiin lämpöaaltoihin, kuivuuksiin, rankkasateisiin ja tulviin. Ne ovat voimistuneet ilmastonmuutoksen takia. Toiseksi denialisti voi vedota siihen, että siirryttäessä seurausten pelkän kuvailun ulkopuolelle edetään niin kutsuttuihin pseudoempiirisiin ja normatiivisiin väitteisiin. Esimerkiksi se, mikä katsotaan vahingolliseksi vaikutukseksi tai merkittäväksi vahingolliseksi seuraukseksi, sisältää aina arvottavan komponentin. Mikään tieteellinen havainto tai koeasetelma ei itsessään anna tällaisia väitteitä tuloksenaan tai määritä yksinään (ilman lisäoletuksia) vaikutusten vakavuutta.

Tarkastellaan asiaa esimerkin kautta. Vuonna 2004 biologi Chris D. Thomas kollegoineen julkaisi tutkimustuloksensa, joiden mukaan ilmastonmuutos johtaa todennäköisesti lajien massasukupuuttoon. Lajeja tulisi kuolemaan 900 000–1 700 000. Ennuste on, että näin tapahtuu vuosisadan puoliväliin mennessä, vaikka

lämpeneminen olisi korkeintaan 2 celsiusastetta (tarkalleen ottaen tutkimuksessa tarkasteltiin tällöin ilmastoskenaarioita, joissa lämpötilan nousu on 1,8–2,0 astetta). On huomionarvoista, ettei ennusteessa huomioitu meressä eläviä lajeja. Esimerkiksi korallien ”lajiaitat” ovat erityisen herkkiä ilmastonmuutokselle. Yhtä kaikki näiden tulosten julkaisusta seurasi suuri määrä lisätutkimuksia ja tieteellistä keskustelua, joka jatkuu edelleen. Uusimmissa luotettavissa arvioissa tilanne, erityisesti monien eläinpopulaatioiden kohtalo, näyttää ikävä kyllä entistäkin kehnommalta.

Seurausdenialistin ei ole järkevää kiistää vankkaa tieteellistä perustaa lajien massasukupuuton todennäköisyydestä, mutta hän voi yrittää kiistää massasukupuuton vakavuuden. Vakavaan seuraukseen välttämättä liittyvä arvottava komponentti osin määrää sen, minkälaiset toimet (jos mitkään) ovat perusteltuja moraalisen vastuun näkökulmasta. Ovatko lajit ylipäänsä arvokkaita? Ovatko ne arvokkaita vain, jos niistä seuraa hyötyjä ihmiskunnalle? Jos massasukupuutto osoittautuisikin seuraukseksi, joka ei ole vakava, toimet sen ehkäisemiseksi eivät olisi välttämättömiä – silloinkaan, kun sen toteutumisesta olisi absoluuttinen varmuus. On kuitenkin esitetty vakuuttavia perusteita sille, että lajien runsaus on monella tavalla arvokasta. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vaikka seurausdenialisteille kieltämättä jääkin jonkin verran enemmän liikkumavaraa kuin ilmiö- ja ihmisen vaikutus-denialisteille, he tuskin onnistuvat vakuuttamaan muita siitä, etteivät ilmastonmuutoksen vaikutukset olisi vakavia.

**KONSSENSUSDENIALISMI.** Konsensusdenialisti väittää, että ilmastonmuutoksen olemassaolosta, sen ihmisperäisyydestä tai sen seurauksista ei ole yksimielisyyttä tieteentekijöiden keskuudessa. Edellä esitetyn perusteella tämä on onneton strategia – suoranainen umpikuja –, eikä sille löydy perusteita ilmastotutkimuksesta. Vaikka poikkeuksia tutkijakuntaan mahtuukin (uusimpien

arvioiden mukaan 2–3 % tutkijoista), keskeisistä asioista vallitsee tieteellinen konsensus. Asiaa tutkinut tietehistorioitsija Naomi Oreskes esitti jo vuonna 2004, että IPCC:n lisäksi kaikki merkitävät tieteelliset seurat ja järjestöt Yhdysvalloissa ovat lausunnoissaan vahvistaneet ilmastonmuutoksen ja ihmisen vaikutuksen siihen. Lisäksi hänen läpikäymistään 928:sta vertaisarvioidusta ilmastotutkimuksesta yksikään ei kyseenalaistanut ilmastonmuutosta tai sen ihmisperäisyyttä.<sup>12</sup> Vastaavia katsauksia on tehty samoin lopputuloksen myöhemminkin.

Mutta mistä tiedämme, ettemme ole väärässä (laajasta tutkijoiden yksimielisyydestä huolimatta)? Tietehistoriastahan löytyy lukuisia esimerkkejä virheellisistä teorioista ja epätarkoista tuloksista. Tämä pätee myös osaan varhaisista (edelläkin kuvatuista) ilmastotutkimuksen tuloksista. Lisäksi voidaan kysyä, mitä tarkalleen ottaen edellyttää, että tieteellinen varmuus ja konsensus jostakin asiasta on saavutettu.

Molemmat kysymykset liittyvät laajoihin keskusteluihin, joista tässä yhteydessä on mahdollista tehdä vain muutama lyhyt huomio. Tieteellisen tiedon yksi perusominaisuus on juuri se, että sen myönnetään olevan mahdollisesti epätotta ja myöhemmän tutkimuksen kautta korjattavissa. Virheen mahdollisuus on ehkä helpoiten ymmärrettävissä (frekventistisiä) tilastollisia analyysejä käytävissä tutkimuksissa, mutta virheen mahdollisuus sisältyy kaikkeen tutkimukseen. Epävarmuus, epäily ja kiistat siis liittyvät erottamattomasti tieteeseen. Itsekorjautuvuus, tiedon tarkentuminen ja varmistuminen ovat kuitenkin osa tieteellistä prosessia, eivät sen ongelma tai heikkous.<sup>13</sup>

Mikä tahansa yksittäinen tieteellinen tutkimus voi olla väärässä tai osoittautua myöhemmin epätarkaksi. Samalla tieteellinen tieto on kuitenkin luotettavinta saatavilla olevaa tietoa, vaikkakin ”epävarmaa” sellaista. Ilmastonmuutosta koskeva tieto on sikäli erityislaatuista, että se perustuu lukuisten eri tieteenalojen yhteistyöhön

sekä erillisiin, toisistaan riippumattomiin näyttöihin. Näitä ovat säämittaustilastot (esimerkiksi satelliittimittaukset), jäätikkömittaustilastot, merien jäämittaustilastot, valtamerien lämpötilamittaustilastot, meren pinnan korkeusmittaustilastot sekä monet muut tutkimusnäytöt (kuten puiden vuosikasvun mittaus).<sup>14</sup> Lisäksi ilmastonmuutoksen kohdalla tieteellinen tieto on ennennäkemättömän tarkasti varmistettu IPCC:n massiivisen ”lisävertaisarvioinnin” ja tulosten koonnin kautta. Paneeli on kehittänyt tulosten ja johtopäätösten varmuuden asteen arviointiin omat työkalunsa.<sup>15</sup>

**POLITIIKKADENIALISMI.** Poliitiikkadenialistien mukaan ilmastonmuutosta ja sen vahingollisia seurauksia ei voida estää, joten toimenpiteitä sen hillitsemiseksi tai seurauksiin sopeutumiseksi ei kannata tehdä. Kaikki IPCC:n raportit ovat kuitenkin painottaneet sitä, etteivät ilmastonmuutoksen katastrofaaliset seuraukset ole vääjäämättömiä. Varmaa on, että suuren luokan ilmastotoimet ja niiden tekemättä jättämiset vaikuttavat ilmastonmuutoksen seurauksiin. Mitä kauemmin yksilöt, ryhmät, valtiot ja kansainvälinen yhteisö vitkuttelevat merkittävien muutosten tekemistä, sitä todennäköisemmiksi ja laajamittaisemmiksi vahingolliset seuraukset tulevat.

Vuonna 2018 YK varoitti, että ilmastonmuutoksen rajoittamiseen 1,5 celsiusasteeseen on aikaa vain 12 vuotta. Tämän perusteella on mahdollista, että päästöjen kohdalla saavutetaan ”piste”, jonka jälkeen paluuta entiseen ei enää ole (*point of no return*). Olennaista poliitiikkadenialismin kannalta on kuitenkin se, että nykyisen tietämyksen valossa tuota pistettä ei ole vielä saavutettu. Tämän puolesta puhuvat esimerkiksi kaikki IPCC:n raportit. Uusimman tutkimustiedon mukaan erot vaikutuksissa 1,5 ja 2,0 celsiusasteen lämpenemisen seurauksena olisivat hyvin suuret. Ensin mainittua lukemaa pidetään katastrofaalisten vaikutusten välttämisen rajana.<sup>16</sup>

Jos vuoteen 2030 mennessä ei merkittävässä ilmastotoimissa olisi onnistuttu, ilmastotoimet olisivat silloinkin järkeviä ja eettisesti motivoituja, koska ne pienentäisivät yhä katastrofaalisempien seurausten todennäköisyyttä. Vaikka katastrofi olisi varma, sen pienentämiseen ja sen seurauksilta suojautumiseen liittyvät toimet voivat olla hyvin perusteltuja ja välttämättömiäkin. Katastrofi voi melkein aina olla vieläkin pahempi, mikä tekee politiikkadensialismista kestävämmän asenteen. Toiminnalle on lisäksi muitakin eettisiä perusteita (ks. teoksen seuraavan osan ”Yksilöt, yhteisöt ja ilmastoetiikka” luvut).

### *Onko tieteellinen varmuus ilmastotoimien ennakkoehto?*

Edellä olen osoittanut, ettei ilmastovittokuttelu-argumentin epävarmuusolettamus pidä paikkaansa. Ilmastomuutokseen ei liity merkittäviä tieteellisiä epävarmuuksia ja kiistoja, kuten ilmastodentialistit väittävät. Siirryn nyt tarkastelemaan ilmastovittokuttelu-argumentin oikeutusolettamusta. Oikeutusolettamuksen mukaan tieteelliset epävarmuudet ja kiistat – silloin, kun ne ovat todellisia – tarjoavat hyvän perusteen ilmastotoimien lykkäämiselle. (Näennäiset epävarmuudet eivät tietystikään ole hyvä peruste millekään, eivät sen paremmin toimille kuin toimimattomuudellekaan.)

Seuraavassa väitän, ettei ilmastotoimien ennakkoehtona tulisi käyttää tieteellistä varmuutta tai konsensusta. Yleisemmin ajatuksena siis on, että viivyttely vetoamalla aitoihinkin tieteellisiin epävarmuuksiin ja kiistoihin saattaa pahimmillaan olla moraalisesti vastuutonta ja ilmentää vain kestävättömiä tekosyitä. Olen nimennyt esittämäni perustelut ”argumentiksi eri päämääristä”, ”induktiivisen riskin argumentiksi”, ”argumentiksi historiasta” ja ”päättöperiaatteiden argumentiksi”. Jokainen niistä tarjoaa itsenäisen perustelun oikeutusolettamusta vastaan.

ARGUMENTTI ERI PÄÄMÄÄRISTÄ. Tieteellisellä tutkimuksella ja käytännön päätöksenteolla on eri päämäärät. Vastuullinen ilmastotieteilijä pyrkii tuottamaan luotettavaa, informatiivista tietoa koskien ilmastoa, siihen vaikuttavia tekijöitä ja ilmastomuutoksen seurauksia. Tutkimuksessa tärkeää on minimoida tieteellisen tiedon ”varastoon” hyväksyttävien epätositusten väitteiden määrä. Koska myöhempi tutkimus tavallisesti perustuu ainakin osin aiemmille tutkimustuloksille, suuri virheiden – toisin sanoen hyväksytyjen epätositusten – määrä uhkasi koko tiedeinstituution uskottavuutta luotettavan tiedon tuottajana. Tämä osaltaan selittää tieteessä käytetyt tiukat virhekkriteerit hypoteesien hyväksymiselle.<sup>17</sup> Tieteentekijän hyvin perusteltu reaktio yksittäiseen poikkeavaan tutkimustulokseen on epäily ja lisätutkimuksen penääminen.

Vastuullisen ilmastopäätöksenteon päämääräksi voidaan puolestaan katsoa vahingollisten vaikutusten ennakoiminen, estäminen sekä minimoiminen. Tärkeitä ovat riittävät, oikeasuhtaiset ja -aikaiset ilmastotoimet. Näiden toimien perustaksi tarvitaan mahdollisimman laajaa vahingonuhkien yksilöintiä. Myös tavallista epävarmemmat tutkimustulokset ja -näyttö (esimerkiksi heikot signaalit) tulee ottaa huomioon, koska väärässä olemisen kustannukset voivat ilmastomuutoksen yhteydessä olla äärimmäisen suuret. Näin olisi, jos esimerkiksi ilmasto tosiasiasa lämpeneekin huomattavasti enemmän kuin nykyisen tutkimuksen valossa on todennäköisintä. Huomaamatta jääneet, epävarmemmat – toisin sanoen tieteellisen tiedon kriteerejä täyttämättömät – ilmastomuutoksen mahdolliset seuraukset voivat olla kohtalokkaita. Ennakoiviin toimiin onkin ryhdyttävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Eri päämääriä koskevan argumentin mukaan ilmastotutkimuksen ja -päätöksenteon tavoitteet poikkeavat toisistaan, joten niissä tulisi lähtökohtaisesti käyttää eri virhekkriteerejä. Siinä missä tieteellinen tutkimus pyrkii minimoimaan hyväksytyjen

epätosien väitteiden määrää, on vastuullisen päätöksenteon minimoitava hyväksymättä jääneiden tosien väitteiden määrää, koska huomiotta jättäminen voi osoittautua kohtalokkaaksi. Hyvin perusteltujen ilmastotoimien aloittaminen ei näin ollen edellytä tutkijoiden yksimielisyyttä, eikä välttämättä edes tieteellisiä tutkimustuloksia. Vähintäänkin toimet on perusteltua, ja eettiseltä kannalta välttämätöntä, aloittaa jo ennen tieteellisen varmuuden saavuttamista. On huomattava, että vaikkei näytön (ilmastonmuutoksesta tai sen vahingollisista seurauksista) välttämättä tarvitsekaan täyttää tieteelliselle tiedolle asetettuja korkeita kriteerejä, argumentista ei seuraa, ettei mitään näyttöä tarvittaisi.<sup>18</sup> Siitä seuraa vain, ettei virhekriteereitä pidä olettaa samoiksi.

Tähän liittyy myös ainakin ensi näkemältä epäintuitiivinen seuraus. Vaikka tieteellinen tutkimus ja tieto ovat vaikuttavan ja kestäväen ilmastopäätöksenteon välttämätön perusta, niiden käyttö tuo samalla mukanaan päätöksentekoon ja toimiin soveltumattomat virhekriteerit ja arvoja. Toisin sanoen on hyvin perusteltua käyttää tieteellistä tietoa käytännön päätöksenteon pohjana. Silloin kuitenkin ”hyväksytään” (tietoisesti tai huomaamatta) tieteen virhekriteerit kontekstissa, jossa nuo virhekriteerit voivat olla aivan liian tiukat.<sup>19</sup> Käytännössä tämä voi tarkoittaa sellaisten ilmastoriskien ottamista, jotka eivät ole hyväksyttäviä omien arvojemme valossa. Vakavia vahingollisia seurauksia, jotka ovat mahdollisia mutta joille ei ole riittävän vahvaa näyttöä, saattaa jäädä huomioimatta.

Argumentti eri päämääristä ei liity yksinomaan ilmastotoimiin ja -päätöksentekoon. Edellä esitetyt näkökohdat pätevät yhtäläisesti kaikkeen tieteellisen tiedon käyttöön käytännön päätöksenteon apuvälineenä. Samalla on todettava, että ilmastokonteksti saattaa kuitenkin tarjota ääritapauksen argumentista, koska sen kohdalla ”panokset” (toisin sanoen väärässä olemisen kustannukset) ovat ehkä jopa korkeimmat ihmiskunnan historiassa.

INDUKTIIVISEN RISKIN ARGUMENTTI. Tieteenfilosofiassa on 1950-luvulta lähtien keskusteltu hypoteesien hyväksymiseen liittyvien arvojen luonteesta.<sup>20</sup> Tähän on yhteydessä perustelu, joka on tietystä mielessä käänteinen argumentille eri päämääristä. Sen johtopäätös ei ole, että eri päämäärien takia käytännön päätöksenteossa ei tulisi käyttää tieteen virhekriteerejä. Sen sijaan itse tieteellisen tutkimuksen virhekriteerien tulisi muuttua tapauskohtaisesti sen mukaan, kuinka suuri käytännön kustannus väärässä olemisesta voi olla. Tämä voidaan ajatella ”suuremmaksi” reitiksi samaan johtopäätökseen kuin argumentissa eri päämääristä. Mikäli niin kutsuttu induktiivisen riskin argumentti on vakuuttava, tieteelliset virhekriteerit voisivat olla (jopa) samat kuin käytännön päätöksenteon kriteerit. Tällöin tulisi poiketa nykykäytännöistä tieteellisessä tutkimuksessa.<sup>21</sup>

Tarkalleen ottaen induktiivisen riskin argumentti sanoo, että tutkimushypoteesin mahdollisesta virheellisestä hylkäämisestä ja hyväksymisestä seuraavat käytännön seuraukset tulisi ottaa huomioon. Filosofi Daniel Steel on rekonstruoinut argumentin tunnetuimman muodon seuraavasti:

1. Yksi tieteellisen päättelyn tärkeä tavoite on päättää, hyväksytäänkö vai hylätäänkö tutkimushypoteesi.
2. Päätöksillä, jotka koskevat sitä, hyväksytäänkö vai hylätäänkö hypoteesi, voi olla (loogisia) seurauksia käytännön toiminnan kannalta, ja silloin, kun asia on näin, hyväksymispäätösten tulisi riippua osittain ei-episteemisistä arvoväittämistä, jotka koskevat väärässä olemisen kustannuksia.
3. Niinpä ei-episteemiset arvot voivat oikeutetusti vaikuttaa tieteelliseen päättelyyn.<sup>22</sup>

Tutkimus induktiivisesta riskistä ”heräsi” uudestaan 2000-luvun ensikymmenellä. Näin tapahtui runsaan kolmenkymmenen



vuoden hiljaisemman elon jälkeen, vaikka arvoista tieteenteossa oli keskusteltu vilkkaasti tässä välilläkin. Tutkijat ovat esittäneet, että hypoteesin hyväksymisen ja hylkäämisen lisäksi induktiivinen riski soveltuu myös moniin riskien arvioinnin varhaisiin valintoihin ja päätöksiin.<sup>23</sup> Ilmastonmuutoksen yhteydessä kiistaa on syntynyt siitä, ulottuuko argumentti induktiivisesta riskistä jopa arvioihin varmuuden asteista.<sup>24</sup> Tulisiko siis esimerkiksi IPCC:n huomioida väärässä olemisen mahdollisuus käytännön seurauksineen, kun se määrittää todennäköisyysarvioita ilmastonmuutokselle sekä sen syille ja mahdollisille seurauksille? Eikö näiden arvioiden tulisi perustua vain tiedollisiin näkökohtiin, kuten usein ajatellaan?

ARGUMENTTI HISTORIASTA. Historiaan perustuva argumentti on näkemys, jonka mukaan tieteellistä varmuutta tai konsensusta ei tule käyttää ennakoivien toimien ennakkoehtona ympäristöpäätöksenteossa. Tämä perustuu siihen, että historiasta löytyy lukuisia esimerkkejä, joissa heikkojen signaalien ja epävarman näytön huomioimatta jättämisestä riskien hallinnassa ja toiminnassa on seurannut katastrofaalisia seurauksia. Tieteellisen varmuuden edellyttäminen on tosiasiallisesti johtanut vahingollisiin seurauksiin, jotka ovat olleet tyrmistyttäviä ja kauaskantoisia.<sup>25</sup> Niitä on käsitelty esimerkiksi Euroopan ympäristökeskuksen raportissa *Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896–2000* ("Myöhäisiä oppeja varhaisista varoituksista: ennalta-varautumisen periaate 1896–2000").<sup>26</sup> Siinä arvioidaan varautumattomuutta ja sen erittäin vahingollisia seurauksia neljäntoista tapaustutkimuksen valossa.

Historiaan perustuvan argumentin perusajatus on kodifioitu nykylainsäädäntöön sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla niin kutsutun ennalta-varautumisen periaatteen (*the precautionary principle*) muodossa. Periaate oli keskeinen siirryttäessä pois

ympäristöpäätöksenteon perinteisestä lähestymistavasta. Ennalta-varautumisen periaatteen mukaan ennakoivia toimia tulee tehdä ennen tieteellisen varmuuden saavuttamista.<sup>27</sup>

PÄÄTÖSPERIAATTEIDEN ARGUMENTTI. Päätösperiaatteiden argumentti perustuu huomioon, etteivät monet päätösteoreettiset periaatteet edellytä tieteellistä varmuutta. Esimerkiksi peliteoriasta alkuaan juontuvan *maximin*-periaatteen mukaan on rationaalista valita se vaihtoehto, jossa toiminnan mahdollisista seurauksista huonoin on vähiten huono. Tällöin siis verrataan toiminnan ja sen vaihtoehtojen mahdollisia seurauksia, eikä näiden seurausten yksilöinti mitenkään edellytä tieteellistä tutkimusta tai varmuutta. Itse asiassa se ei edes edellytä minkäänlaista käsitystä seurausten todennäköisyyksistä. Odotetun hyödyn maksimoinnissa puolestaan keskitytään toiminnan mahdollisiin seurauksiin, joille on voitu määrittää todennäköisyydet mutta joiden kohdalla ei kuitenkaan tiedetä, mikä seurauksista toteutuu yksittäistapauksissa. Tämä päätösperiaate liitetään usein tiedeperustaiseen päätöksentekoon. Myöskään mahdollisten seurausten todennäköisyyksien määrittäminen ei kuitenkaan sinänsä edellytä tieteellisiä tutkimuksia, tutkimustuloksia tai tutkijoiden konsensusta – vaikkakin ne ovat luotettavin perusta todennäköisyysarvioiden tekemiseen.

Riippumatta siitä, onnistuuko *maximin*, odotetun hyödyn maksimointi tai jokin muu päätösteorian periaate (joka ei edellytä tieteellistä varmuutta tai konsensusta) määrittämään sen, minkälainen toiminta on rationaalista, päätösperiaatteiden argumentti tarvitsee lisätukea. Näkemykseni mukaan oikeutusolettamuksen hyvä tai kestävä perustelu ei viittaa yksinomaan rationaaliseen vaan myös laajemmin moraalisesti velvoittavaan ja vastuulliseen toimintaan. Tällöin päätösperiaateista lähtevä perustelu edellyttää lisäksi uskottavaa selontekoa siitä, miten moraalit ja rationaalisuus liittyvät toisiinsa.<sup>28</sup>

## *Kestämätön ilmastovittuttelu*

Olen esittänyt, että ilmastovittuttelu-argumentti kumoutuu, koska sen perustana olevat epävarmuusolettamus ja oikeutusolettamus osoittautuvat molemmat tarkassa katsannossa kestävämmiksi. Ilmastotoimien lykkääminen vedoten tieteellisiin epävarmuuksiin ja kiistoihin on parhaimmillaankin vain retoriikkaa. Se ei siis ole totuuteen tähtäävää, perusteluista kiinnostunutta ja johdonmukaista argumentointia.

Tieteellinen varmuus ilmastomuutoksesta, sen liittymisestä ihmisen toimintaan ja sen erittäin vahingollisista seurauksista saavutettiin kuluvan vuosituhatteen alkuvuosiin mennessä. Ilmastomuutoksen epäilijöiden ja sen ihmisperäisyyden kieltäjien väitteet paljastuivat virheellisiksi ilmastotutkimuksen valossa. Sama pätee myös väitteisiin, joiden mukaan ilmastomuutos saattaa olla ihmisen aiheuttamaa mutta siitä ei seuraa varmuudella vahingollisia seurauksia (*seurausdenialismi*), tai vaikka seuraisikin, niitä ei voida estää (*politiikkadenialismi*). Tutkijoiden konsensus näiden asioiden suhteen ei kuitenkaan ole riittävässä määrin heijastunut yleisempään keskusteluun ja mediaan. Ilmastodenialistit ovat toimillaan aktiivisesti myötävaikuttaneet tähän asiaintilaan, ja siinä mielessä he ovat olleet menestyksekkäitä agendansa levittämisessä.

Toisaalta vastuullisten ilmastotoimien aloittaminen ei edellytä tutkijoiden yksimielisyyttä eikä välttämättä edes tieteellisiä tutkimustuloksia. Toimet on perusteltua aloittaa ennen tieteellisen varmuuden saavuttamista. Olen pyrkinyt osoittamaan, että tieteellisen tiedon edellyttäminen sääntelyn ja ilmastotoimien aloittamisen ennakkoehtona tuo mukanaan ilmastopäätöksentekoon soveltumattomat virhekkriteerit. Näin on, vaikka tieteellinen tutkimus on vaikuttavien ja kestävien ilmastotoimien välttämätön perusta.

Miksi ylipäänsä käsitellä oikeutusolettamusta, kun epävarmuus-olettamus osoittautui kestävämmäksi? Loogiselta kannalta katsottuna ilmastovitkuttelu-argumentti kumoutuu, mikäli kumpi tahansa olettamuksista osoittautuu epätodeksi. Oikeutusolettamuksen käsittelyyn on kaksi perustetta. Ensiksikin argumentin kumoaminen on tietyssä mielessä vahvempi, jos molemmat sen oletukset pystytään osoittamaan vääriksi. Mikäli lukija ei katso edellä esitettyjä näkökohtia riittäviksi tai mikäli jokin epävarmuus-olettamuksen uusi muotoilu myöhemmässä tarkastelussa osoittautuisikin paikkansa pitäväksi, oikeutusolettamuksen kestävämmämyys veisi edelleen pohjan ilmastovitkuttelu-argumentilta. Toiseksi oikeutusolettamus on osaltaan relevantti ilmastotoimien vastuullisen aloittamisajankohdan suhteen. Jos tieteellinen varmuus ei alkujaankaan tarjoa perusteltua ennakkoehtoa toimiin ryhtymiselle eikä viivyttelylle ole muuta oikeutusta, ilmastotoimet olisi pitänyt aloittaa jo ennen tieteellisen konsensuksen saavuttamista.

## ***2. Ilmastovittuttelu ja tieteellinen epävarmuus***

1. Ks. Oreskes 2004; Oreskes 2018, erit. 43; ks. myös Oreskes & Conway 2010.
2. En siis keskity ilmastodenialismin selityksiin enkä myöskään käsittele eri toimijoita, heidän intressejään tai heidän poliittista agendaansa. Näitä

- erittäin tärkeitä aiheita koskevia analyyssejä on saatavilla. Motiiveista ja toimijoista ks. esim. Björnberg ym. 2017.
3. Käsite ”induktiivinen riski” on alkuaan peräisin saksalaissyntyiseltä filosofilta Carl Gustav Hempeliltä (1905–1997). Ks. Hempel 1965.
  4. Ks. esim. Björnberg ym. 2017. Muitakin jaotteluita on esitetty. Brittiläisen filosofi John Broome (2019) erottaa ne, jotka kieltävät ihmiskunnan aiheuttavan vahinkoa kasvihuonepäästöillään (*species denialists*), ja ne, jotka kieltävät yksittäisen ihmisen aiheuttavan vahinkoa kasvihuonepäästöillään (*individual denialists*). Käytetyistä termeistä (kieltäjä, epäilijä jne.) ks. Björnberg ym. 2017; ks. myös *The Guardian* 1.3.2019.
  5. Huomaa, että politiikkadentalisti (*policy denialist*) voi myöntää ihmisperäisen ilmastonmuutoksen. Juuri ennen IPCC:n *Global Warming of 1.5 °C* -erikoisraportin lyhennelmän (8.10.2018) julkaisemista vuoti julkisuuteen Donald Trumpin hallinnon raporttiluonnos, joka edusti politiikkadentalismia puhtaimmillaan. Poliitiikkadentalismi eroaa näkemyksestä, jonka mukaan ilmastonmuutoksen hillinnän kustannukset ylittävät sen hyödyt (riippumatta siitä, voidaanko ilmastonmuutoksen vahingolliset seuraukset estää). Viimeksi mainitun kaltaista kustannus-hyöty-analyysiin pohjaavaa näkemystä on kannattanut esimerkiksi tanskalainen tutkija Bjørn Lomborg.
  6. Sään ennustamisen perinteet ovat pitkät ja omalaatuiset. Paikallisten ilmastojen vaihteluita pyrittiin selittämään jo Antiikin Kreikassa. Sään ja ilmaston ero on se, että ilmasto kuvaa alueen tyypillistä säätilaa pitkällä ajanjaksolla. Ilmastonmuutoksen kohdalla puhutaan globaalista ilmastosta, mikä tarkoittaa koko maapallon alailmakehän lämpenemistä. Tämän lämpenemisen todellisuuden ilmiödenialistit sinnikkäästi kieltävät.
  7. Tulokset julkaistaan päätöksentekijöille suunnatuissa synteisiraporteissa ja tiivistelmissä. Vaikka IPCC ei anna valmiita päätösratkaisuja, se arvioi ilmastonmuutoksen vaikutuksia, riskejä sekä sopeutus- ja hillitsemiskeinoja.
  8. Ilmastonmuutokseen liittyvistä tieteellisistä epävarmuuksista ks. esim. Winsberg 2018a.
  9. Ihmiset ovat varhaisista ajoista asti ajatelleet, että he voi(s)iivat vaikuttaa paikallisilmastoon, esimerkiksi metsiä hakkaamalla.
  10. Vrt. Oreskes 2018, 38.
  11. Huomattakoon myös, että negatiivisen eli jonkin asian olemattomuuden todistaminen on erityisen vaikeaa. Jonkin (esimerkiksi mustien joutsenten) olemassaolon todistaminen edellyttää yhden instanssin (mustan joutsenen) löytämistä. Jonkin olemattomuuden todistaminen puolestaan edellyttäisi kaikkien mahdollisten instanssien (joutsenten) läpikäymistä ”tuloksetta”. Tietyssä mielessä tiukan linjan seurausdenialistit ottavatkin väitteillään omille harteilleen kohtuuttoman todistustaakan.
  12. Oreskes 2004; ks. myös päivitetty ja laajennettu versio artikkelista: Oreskes 2018.

13. Tieteen peruseriaatteina ovat epädogmaattisuus ja itseäänkorjaavuus, ja ne erottavat sen ”mutu-” ja ”muka”-tiedon lajeista, esimerkiksi pseudotieteistä. Itävalta-Unkarissa syntynyt tieteenfilosofi Karl Popper (1902–1994) esitti periaatteellista vääräksi osoittamisen mahdollisuutta teorian tieteellisyyden kriteeriksi (toisin sanoen välttämättömäksi, ja joidenkin myöhäisten kirjoitusten perusteella myös riittäväksi, ehdoksi). On kiinnostava huomio, että denialistien päästrategiat vaikuttavat täyttävän monet pseudotieteen kriteerit. Ks. Björnberg ym. 2017.
14. Ks. Winsberg 2018a, erit. luvut 1–4.
15. Ks. tarkemmin Mastrandrea ym. 2011.
16. IPCC 2018.
17. Tavallisesti frekventtisissä tilastollisissa analyyseissa valitaan 5:n, 1:n tai 0,1 prosentin merkitsevyystaso. On kuitenkin konteksteja, joissa tutkijat soveltavat näitä huomattavastikin tiukempia virhestandardeja. Niin kutsutun Higgsin bosonin (alkeishiukkanen, jonka fysiikan standardimalli ennustaa) löytymisessä virhestandardina oli noin 1/2 000 000.
18. Toisinaan esitetyn niin kutsutun *katastrofiargumentin* mukaan katastrofin mahdollisuus riippumatta siitä, onko sille minkäänlaista näyttöä – tieteellistä tai muuta – riittää perustelevaan ennakoivat toimet tai jopa kiellot. Katastrofiargumenteista on monia muotoiluja, mutta niiden perusrakenne on sama. Ranskalaisen keksijä-tutkija Blaise Pascalin (1623–1662) katsotaan muotoilleen argumentin ensimmäisenä (Jumalaan uskomisen yhteydessä), kun taas 1970-luvulla saksalainen filosofi Hans Jonas aloitti modernin keskustelun, jossa on korostunut ihmiskunnan häviämisen mahdollisuus. Yleinen ajatus vaikuttaisi olevan se, ettei katastrofiargumenttia ole kyetty esittämään vakuuttavassa muodossa.
19. Ks. Hansson 2007.
20. Kaikkeen tieteentekemiseen sisältyvä välttämättä sekä episteemisiä (eli tiedollisia) että ei-episteemisiä arvoja. Episteemisiä arvoja ovat esimerkiksi empirinen tarkkuus, selitys- ja ennustusvoima sekä koherenssi (eli yhteensopivuus muiden hyväksytyjen tulosten ja teorioiden kanssa). Ei-episteemisiä arvoja ovat puolestaan yksilölliset, kulttuuriset, poliittiset ja eettiset arvot. Tällaisia ovat esimerkiksi mielihyvä, oikeudenmukaisuus, tasa-arvo, luonnonsuojelu ja luonnon monimuotoisuus. Aiemmassa akateemisessa keskustelussa on tuotu esiin ei-episteemisten arvojen merkitystä sekä tieteen-teossa että riskianalyyseissa. Osin uudenlaisen näkökulman tässä kirjoituksessa tuo ajatus, että ilmatoriskejä koskevassa päätöksenteossa kyseenalaisia voivatkin olla episteemiset arvot eli pyrkimys totuuteen ja luotettavan tiedon tuottamiseen – erityisesti niiden liika painotus. Tieteessä käytetyt tiukat virhekkriteerit heijastelevat näitä arvoja.
21. Tietyissä konteksteissa ja riskien arviointiin liittyvissä tutkimuksissa tosin käytetään tutkimuksen valtavirrasta poikkeavia virhekkriteerejä.
22. Steel 2015, 82.
23. Lyhyt katsaus keskustelusta ks. Winsberg 2018a, erit. luku 9.

24. Steel on argumentoinut, että induktiivinen riski pätee myös varmuuden asteisiin (eli uskomuksen asteisiin) (ks. Steel 2015a). Tieteenfilosofi Eric Winsbergin mukaan näin ei ole (ks. Winsberg 2018a; ks. myös Lloyd & Winsberg 2018).
25. Ympäristökontekstissa keskityttiin historiallisesti siihen, onko tutkimus osoittanut tietyn toiminnan ja havaitun vaikutuksen syy-seuraussuhteen. Niin kauan kuin asiaan liittyi tieteellisiä epävarmuuksia, ei esimerkiksi jätteiden ja päästöjen levittämistä meriin kielletty eikä muihin ennakoiviin toimiin ryhdytty. Ilmastovikuttelu-argumentti muistuttaa jossain määrin perinteistä, tosin sittemmin jo (pitkälti) hylättyä lähestymistapaa ympäristöpäätöksentekoon. Denialistithan esittävät tieteellisiä epävarmuuksia ja kiistoja perusteeksi olla tekemättä ilmastotoimia (vastaavasta strategiasta tupakan vaarallisuuden kohdalla ks. Oreskes & Conway 2010). Ero ympäristöpäätöksentekoon on kuitenkin ilmeinen. Viimeksi mainitussa viitattiin todellisiin tieteellisiin epävarmuuksiin.
26. EEA 2001; ks. myös Steel 2015b.
27. Ks. esim. Steel 2015b.
28. Tämä on monimutkainen ja laaja kysymys, jota ei ole mahdollista käsitellä tässä kirjoituksessa. Todettakoon kuitenkin, että päätösteorian periaatteet eivät ole moraalisesti neutraaleja, kuten joskus virheellisesti oletetaan. Tämän takia myös toisinaan esitetty työnjako eetikkojen ja päätösteoreetikkojen välillä on kestävä. Sen mukaan eetikot määrittävät, mikä on oikein ja

moraalista, ja päätösteoreetikot soveltavat eetikoiden johtopäätökset päätöksentekoon riskien ja epävarmuuden vallitessa. (Ks. esim. Hansson 2007.) On myös huomionarvoista, että moraalifilosofiassa keskeinen (niin sanottu keskitason) periaate vahingoittamisen kieltö ei yksilöi edellytettävän varmuuden astetta (tietyn toiminnan vahingollisuudesta). Riski-hyötysuhde huomioidaan tavallisesti hyvän tekemisen periaatteen yhteydessä. Viimeksi päätösteoreettiset ja eettiset periaatteet eivät ylipäänsä vaikuta täysin tyydyttäviltä riskejä koskevien moraalisten intuitioiden valossa. Riskien ottamisen ja moraalisen vastuullisuuden välisen hienorakenteen pohtiminen vie nopeasti etiikan lähtökohtien äärelle. Ks. Ahteen-suu 2019.