

TUTKIMUSNÄKÖKULMIA
KANSLIAPÄÄLLIKÖIDEN PÄÄVIESTEIHIN:

ILMASTON- MUUTOS *ja* LUONTOKATO



SUOMALAINEN TIEDEAKATEMIA
FINNISH ACADEMY OF SCIENCE AND LETTERS
ACADEMIA SCIENTIARUM FENNICA



SUOMALAINEN TIEDEAKATEMIA
FINNISH ACADEMY OF SCIENCE AND LETTERS
ACADEMIA SCIENTIARUM FENNICA

Tietokooste on Suomalaisen Tiedeakatemia koostama ja sen sisältö perustuu tutkimustietoon sekä tutkijoiden asiantuntija-arvioihin. Tietokooste ei edusta osallistuneiden tutkijoiden konsensusta käsitellyistä aiheista, vaan nostaa esiin erilaisia politiikkarelevantteja näkökulmia, riskejä ja mahdollisuuksia, jotka vaikuttavat Suomen toimintaympäristöön kahden seuraavan hallituskauden aikana.

Tietokooste on toteutettu valtioneuvoston kanslian tietotarpeeseen, ja sen tarkoituksena on tuottaa tutkimuksellisia näkökulmia kansliapäälliköiden pääviestien teemoihin.

Tietokooste on tehty keväällä 2026.

Tietokooste on koostettu seuraavien tutkijoiden tuottamasta materiaalista:

EMMA HAKALA

johtava tutkija, Ulkopoliittinen instituutti

SUVI HUTTUNEN

johtava tutkija, SYKE

KARI HYYTIÄINEN

professori Helsingin yliopisto

PAAVO JÄRVENSIVU*

tutkija BIOS-tutkimusyksikkö, dosentti Helsingin yliopisto

MARITA LAUKKANEN

tutkimusprofessori, Verotutkimuksen huippuyksikkö FIT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT ja Tampereen yliopisto

MIKAEL WIGELL

johtava vierailtava tutkija, Ulkopoliittinen instituutti

*sekä työryhmä BIOS-tutkimusyksiköstä

Taitto: Eve Sillanpää

Paino: Picaset

SISÄLLYS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | TIIVISTELMÄ | 4 |
| 2. | JOHDANTO | 5 |
| 3. | KESTÄVYYSTAVOITTEET JA UUDISTAVA TALOUSKASVU | 6 |
| | 3.1. Uudistavat investoinnit voivat kompensoida vanhojen rakenteiden alasajon taloushaittoja | 6 |
| 4. | ILMASTONMUUTOKSEN JA LUONTOKADON TORJUNNAN EPÄONNISTUMISEN KUSTANNUKSET | 8 |
| | 4.1. Ilmastonmuutoksen vaikutukset globaaliin talouteen ovat luultua suuremmat | 8 |
| | 4.2. Ilmastonmuutoksen vaikutusten kustannusten arviointiin on olemassa erilaisia laskentamalleja | 8 |
| | 4.3. Luontokadon kustannus-vaikutuksia on vaikea ennakoida | 10 |
| | 4.4. Suomessa on laskettu Itämeren tilan parantamisen kustannushyötyjä | 10 |
| | 4.5. Päästöhinnottelu on vähentänyt päästöjä häiritsemättä yritysten liiketoimintaa | 10 |
| 5. | TKI-POLITIIKAN MAHDOLLISUUKSIA TUKEA ILMASTO- JA LUONTOTAVOITTEITA | 11 |
| | 5.1. Puhtaan teknologian edistäminen tukee ilmastonmuutoksen hillintää | 11 |
| | 5.2. Uudistava teollisuuspolitiikka avaa merkittäviä mahdollisuuksia | 11 |
| 6. | ILMASTO- JA LUONTORISKIT HUOLTOVARMUUDELLE | 12 |
| | 6.1. Vuosien 2027–2035 merkittävimmät huoltovarmuusriskit | 12 |
| | 6.2. Pidemmän aikavälin merkittävimmät huoltovarmuusriskit | 13 |
| 7. | ILMASTO- JA LUONTOTOIMIEN KANNATUS JA HYVÄKSYMINEEN | 14 |
| | 7.1. Kokemus reiluudesta ja toimien oletettu tehokkuus tukevat hyväksyttävyyttä | 14 |
| | 7.2. Vapaaehtoisuuteen pohjaavat keinot ovat laajemmin hyväksytyjä kuin rajoitteet | 14 |
| | 7.3. Ekologinen kompensatio on esimerkki kansalaisten hyväksymästä keinosta | 14 |
| | 7.4. Poliittikapaketointi kasvattaa hyväksyttävyyttä | 14 |
| | 7.5. Misinformaatio kohdentuu yhä enemmän varsinaisiin ilmastotoimiin | 15 |
| | LÄHTEET | 16 |

1. TIIVISTELMÄ

Ilmastonmuutoksen vaikutukset globaaliin talouteen ovat luultua suuremmat. Lämpötilan nousemisen 2 asteella vuoteen 2100 mennessä on arvioitu vähentävän globaalia hyvinvointia 30 %. Äärisäitä esiintyy Euroopassa jo nyt aiempaa enemmän ja niistä aiheutuu kymmenien miljardien eurojen taloudelliset vahingot vuosittain.

Investoimalla uudistavaan kasvuun voidaan tasata merkittävästi ylikulutukseen perustuvan järjestelmän alasajon työllisyys- ja talousvaikutuksia Suomessa. Keskeisiä aloja ovat mm. malminjalostus, energijärjestelmät, teollisuuden ja liikenteen sähköistäminen, biopohjaisen teollisuuden kehittäminen, materiaali kierto sekä maa- ja metsätalouden uudistaminen.

Mallilaskelmilla on osoitettu, että ilmastonmuutoksen torjunnan hyödyt ovat kustannuksia suuremmat. Luontokadon kustannusvaikutuksia tunnetaan sen sijaan edelleen huonosti ilmiön monimutkaisuuden takia.

TKI-politiikalla on mahdollisuuksia tukea ilmasto- ja luontotavoitteita investoimalla puhtaiden teknologioiden kehittämiseen ja uudistavaan teollisuuspolitiikkaan. Päästöhinnottelu on hyvä esimerkki tavasta vähentää päästöjä ilman negatiivisia vaikutuksia yritysten toimintaan.

Tulevien hallituskausien merkittävimmät huoltovarmuusriskit Suomessa liittyvät ruokaturvaan, energiasiirtymästä aiheutuviin kaivannaisriippuvaisuuksiin, logistiikan häiriöihin sekä lääkkeiden saatavuuteen. Sään ääri-ilmiöt nostavat ruoan hintaa ja tuontiriippuvaisuus tuotantopanoksista kuten siemenistä, lannoitteista ja kasvinsuojeluaineista altistaa tuotanto- ja toimitushäiriöille.

Pidemmällä aikavälillä edellä mainittujen riskien toteutuminen kasvaa entisestään. Lisäksi vaikeasti ennakoitavat muutokset, esimerkiksi Altantin meridionaalisessa kiertoliikkeessä (AMOC), lisääntyvät.

Kokemus ilmasto- ja luontotoimien reiluudesta ja tehokkuudesta lisää niiden hyväksyttävyyttä. Hyväksyttävyyteen voidaan vaikuttaa myös politiikkakeinojen kehystämällä eli viestinnällisillä valinnoilla siitä, mitä hyötyjä painotetaan sekä politiikkapaketoinnilla.

Ilmastonmuutoksen hillitsemisen vastaista misinformaatiota levitetään Euroopassa systemaattisesti ja se kohdistuu yhä enemmän ilmastonmuutoksen kieltämisen sijaan ilmastopolitiikan toimimattomuuteen ja toimenpiteiden negatiivisina koettujen seurausten epäoikeudenmukaisen kohdistumisen korostamiseen. Vaikuttamisen kohteena ovat yhä useammin myös päättäjät.

2. JOHDANTO

Tähän tietokoosteeseen koottujen tutkimusnäkökulmien toivotaan vahvistavan osaltaan tietopohjaa, jonka avulla valtionhallinnon valmisteluprosesseissa sekä poliittisessa päätöksenteossa joudutaan tekemään valintoja ja priorisointeja tulevien kahden hallituskauden 2027–2035 aikana.

Julkisen talouden kehitykseen, uudistavan talouskasvun mahdollisuuksiin ja globaaliin epävakauteen liittyvät aiheet ovat suurelta osin tulevaisuuden ennakkointia, johon ei ole välttämättä suoraan tarjolla tutkimusevidenssiä tai tutkimuspohjaista mallinnusta. Tietokooste on siksi monelta osin tutkijoiden asiantuntemukseen perustuvaa arvioivaa ennakkointitietoa.

Tässä työssä valitut tutkimusnäkökulmat liittyvät ilmasto- ja luontotoimien osalta:

- uudistavaan talouskasvuun,
- huoltovarmuuteen sekä
- politiikkatoimenpiteiden hyväksymiseen ja kannatukseen.

Suomalaiset ovat yleisellä tasolla huolissaan ilmastonmuutoksesta ja luontokadosta ja pitävät niihin liittyvää sääntelyä tarpeellisenä. Näitä toimia vastustava vähemmistö on myös olemassa¹⁻⁴. Yleisellä tasolla ilmastopolitiikkaan myönteisimmin suhtautuvat naiset, korkeammin koulutetut, kaupunkilaiset ja hyvätuloisemmat¹⁻⁵.

Huoltovarmuus liittyy ihmisen terveyttä ja hyvinvointia ylläpitävien tuotteiden ja välttämättömien palveluiden jatkuvaan saatavuuteen. Suomen huoltovarmuuteen vaikuttavat suorat ilmatoriskit arvioidaan vähäisiksi

verrattuna muuhun maailmaan⁶. Sen sijaan tulevaisuudessa Suomeen vaikuttavat ympäröivän maailman muutokset eli niin sanotut ketjuuntuvat riskit, joissa ilmastotekijät yhdistyvät poliittisiin, taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin ilmiöihin. Tällaisia ovat esimerkiksi kuivuuden ja Venäjän hyökkäyssodan yhteisvaikutuksesta syntyneet ruokakriisit sekä luonnonkatastrofien aiheuttamat lääkkeiden toimitushäiriöt⁷.

Taloudellisen toiminnan haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää TKI-panostuksilla kestäviin teknologioihin, suuntaamalla kulutusta palveluihin sekä riittävän kannustavalla ja sitovalla ympäristö- ja elinkeinopolitiikalla. Talouspolitiikassa on luovuttava ajatuksesta, että voimme kuluttaa jatkuvasti yhä enemmän ja keskittyttävä niihin toimiin, jotka ovat välttämättömiä ihmisten hyvinvoinnin ylläpitämiseksi ja tuotannon järjestelmien uudistamiseksi^{8,9}.

Todellisia julkisen talouden rajoitteita ekologisten kestävyystavoitteiden edistämiseksi on vähemmän kuin suomalaisessa politiikassa usein uskotaan. Perusongelma on, että nykyisensuuruisen kulutuksen tekeminen kestäväksi tuotantotapoja uudistamalla on erittäin työlästä ja kulutuksen edelleen kasvaessa se on käytännössä mahdotonta.

Vihreällä pystyviivalla merkityt sisällöt ovat tutkijoiden arvioita ilmiöstä, sen kehityskuluista ja ratkaisuista

? Symbolilla merkityt sisällöt ovat tutkijoiden esille nostamia tutkimusaukkoja aiheista, joista ei ole olemassa tutkittua tietoa

3. KESTÄVYYSTAVOITTEET JA UUDISTAVA TALOUSKASVU

3.1. Uudistavat investoinnit voivat kompensoida vanhojen rakenteiden alasajon taloushaittoja

Ylikulutukseen perustuvan järjestelmän alasajolla on tyypillisesti talouskasvua vähentävä vaikutus. Uusien kestävästi toimivien talousjärjestelmien ylösajolla sekä investoinneilla, jotka muokkaavat olemassa olevia järjestelmiä on talouskasvua lisäävä vaikutus. Kokonaisvaikutus riippuu toteutuksen tavasta ja nopeudesta¹⁰.

Kokonaisvaikutuksiin vaikuttavia valintoja voidaan havainnollistaa esimerkiksi seuraavalla esimerkillä: Euroopan ja myös Suomen olisi todennäköisesti nopeampaa ja ainakin lyhyellä aikavälillä halvempaa ostaa suuri osa sähkөөn perustuvista ratkaisuksista Kiinasta. Tällöin jäisi kuitenkin kehittämättä omaa teknologista ja valmistavaa osaamista sekä kapasiteettia, jolloin Euroopassa jäätäisiin taloudellisessa toimeliaisuudessa ja kilpailukyvyssä Kiinasta jälkeen.

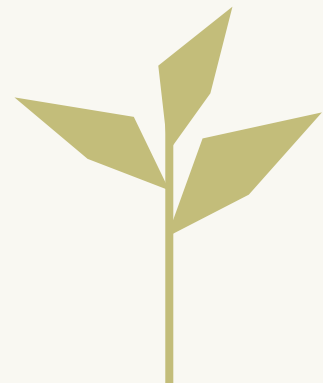
Kestävyys siirtymä hyödyttää myös huoltovarmuutta, mutta heikosti suunniteltuna ilmastonmuutoksen hillintä voi aiheuttaa myös negatiivisia siirtymävaikutuksia, kuten uusia materiaali riippuvuuksia¹¹.

Uudistavan kasvun kannalta potentiaaliset rakennemuutosalat Suomessa

Uudistavien investointien tarve ja mahdollisuudet ovat suuria erityisesti seuraavilla taloudellisen toiminnan alueilla:

- malminjalostus
- energiajärjestelmät
- teollisuuden sähköistäminen
- korkean lisäarvon biopohjaisen teollisuuden kehittäminen
- materiaalikierto
- liikenteen sähköistäminen ja yksityisautoilun vähentäminen
- maa- ja metsätalouden uudistaminen

Toteutuessaan nämä investointitarpeet ovat niin suuria, että niiden työllisyys- ja talouskasvuvaikutukset kompensoivat alasajon vaikutuksia seuraavan kahden hallituskauden aikana ja vielä pitkälle sen jälkeen.



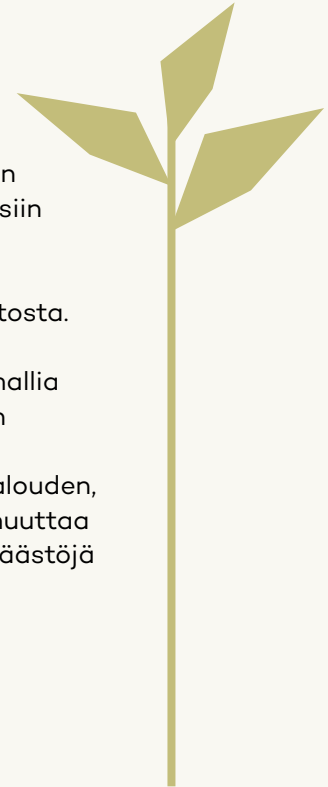
Osa kestävyystoimista vaikuttaa Suomessa talouskasvuun heikentävästi lyhyellä tähtämellä

Talouskasvuun todennäköisesti heikentävästi vaikuttavia kestävyystoimia ovat:

- metsien vuosittaisten hakkuutasojen maltillistaminen
- uudisrakentamisen vähentäminen
- fossiilisten polttoaineiden jalostuksen vähentäminen
- lihantuotannon vähentäminen

TKI-rahoituksella voitaisiin tukea metsäteollisuuden jalostusasteen nostamista, jolloin metsistä saatavaa raaka-ainetta hyödynnettäisiin tehokkaammin ja arvokkaammissa tuotteissa¹². Lisäksi erilaiset verotukselliset- ja taloudelliset ohjaukset, kuten kannustimet hiilensidontaan ja monimuotoisuuden edistämiseen, tukisivat muutosta.

Ruokajärjestelmän kestävyuden parantamisessa voitaisiin ottaa mallia Tanskasta¹³, jossa toteutettava maataloustuotannon hiilipäästöjen vähentämisen kolmikantasopimus on laajasti hyväksytty ja toteuttamiskelpoinen. Sopimuksen laatimiseen osallistuivat maatalouden, ympäristöjärjestöjen ja teollisuuden edustajat, ja tavoitteena on muuttaa Tanskan maankäyttöä merkittävästi, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä pienentää maatalouden typpihuhtoumaa.



4. ILMASTONMUUTOKSEN JA LUONTOKADON TORJUNNAN EPÄONNISTUMISEN KUSTANNUKSET

4.1. Ilmastonmuutoksen vaikutukset globaaliin talouteen ovat luultua suuremmat

Uusimman makrotaloustieteellisen mallinnuksen mukaan 1 °C pysyvä lämpötilan nousu laskisi globaalia BKT:tä yli 20 % ja 2 °C nousu vuoteen 2100 mennessä vähentäisi globaalia hyvinvointia 30 % nykyarvossa mitattuna¹⁴. Tutkimus on aiempia arvioita luotettavampi, koska se hyödyntää vaihtelua globaalissa keskilämpötilassa maakoh- taisen paikallisen lämpötilavaihtelun sijaan¹⁴.

Euroopan ilmatoriskiarvion mukaan äärisäitä esiintyy Euroopassa jo nyt aiempaa enemmän¹⁵ ja niistä aiheutui 40,4 mrd. € taloudelliset vahingot vuonna 2024¹⁶.

4.2. Ilmastonmuutoksen vaikutusten kustannusten arviointiin on olemassa erilaisia laskentamalleja

Teoreettisilla ja ekonometrisillä globaalien tason malleilla on pyritty arvioimaan ilmastonmuutoksen etenemisen sekä sen torjumisen kustannuksia. Ilmastonmuutoksen torjunta on kallista, mutta toimenpiteillä saavutettavat hyödyt ovat mittakaavaltaan paljon kustannuksia suurempia. Sternin ilmatoraportissa julkaistujen laskelmien mukaan ilmastonmuutoksen torjunnan kustannukset ovat luokkaa 1-2 % koko maailman bruttokansantuotteesta, kun taas toimilla vältetyt haitat ovat luokkaa 5-20 % bruttokansantuotteesta¹⁷.

Epäonnistumisen kustannukset (cost of degradation) on ihmiskeskeinen käsite, jolla mitataan ihmisille koituvien vahinkojen suuruutta verrattuna tilanteeseen, jossa kestävyystavoitteet saavutettaisiin. Nämä vahingot voivat sisältää menetettyjä liiketoimintamahdollisuuksia, terveyshaittoja ja vähentyneitä ekosysteemipalveluita. Kustannuksista osa on mitattavissa rahassa, osa taas muilla hyvinvointimittareilla.

Mallinnukseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia, koska niiden data on historiallista eikä se huomioi tulevaisuudessa toteutuvia ilmastonmuutoksen kustannuksia. Mallinnukset eivät myöskään suoraan vasta kysymykseen siitä, mitkä ovat ilmastonmuutoksen hillinnän epäonnistumisen kustannukset, mutta makrotason kustannuksia on mahdollista haarukoida niiden pohjalta.

Erilaisia ilmasto- ja luontohaittojen laskentamalleja ja -tapoja

| | MALLITYYPIT | SISÄLTÖ | ERITYISPIIRTEITÄ |
|---|--|--|---|
| Hiilen kierron vaikutukset talouteen | <p>Integrated Assessment Models, IAM</p> <p>Esimerkiksi DICE-malli^{18,19}</p> <p>Hiilen yhteiskunnallisen kustannuksen laskenta (social cost of carbon SCC)</p> | <p>Pyrkivät yhdistämään luonnon ja talousjärjestelmän yhdeksi kokonaisuksi. Kuvaavat globaalilla tasolla hiilen kiertoa ilmakehän, maaperän ja merien välillä ja sen vuorovaikutusta talousjärjestelmän ja siinä tehtävien valintojen kanssa.</p> <p>SCC-malli arvioi rahassa kuinka paljon haittaa yksi tonni hiilidioksidipäästöjä aiheuttaa yhteiskunnalle.</p> | <p>Käytetään laajasti pitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnittelussa. IPCC:n raporttien keskeinen työkalu.</p> <p>Auttaa arvioimaan ilmastotoimenpiteiden tai -sääntelyn taloudellisia perusteluja ja suuntaamaan toimenpiteitä.</p> |
| Yleisen tasapainon mallit | <p>Computable General Equilibrium Models, CGE²⁰</p> <p>Esimerkiksi Tanskan GreenREFORM-malli²¹ ja Suomen FINAGE-malli²²</p> | <p>Laajoja talousmalleja, joissa talous on toisiinsa kytkeytyneiden markkinoiden verkosto. Malleilla voidaan laskea esimerkiksi hiiliverojen vaikutuksia läpi koko talouden ja arvioida mihin uuteen tasapainoon järjestelmä asettuu muutoksen seurauksena. Voidaan tehdä myös maakohtaisia tarkasteluja.</p> | <p>Talusrakenteet ja kansanvälinen kauppa on kuvattu tarkkapiirteisemmin kuin IAM-malleissa, ja siksi ne soveltuvat paremmin erojen tarkasteluun talouden eri sektoreiden ja eri alueiden välillä. CGE malleissa kytkös ekosysteemeihin on löyhempi kuin integroiduissa malleissa. Edellytykset tarkastella isoja ilmastonmuutoksesta ja ympäristökriiseistä talouteen seuraavia systeemitason shokkeja, ovat rajalliset.</p> |

4.3. Luontokadon kustannusvaikutuksia on vaikea ennakoida

Ilmastonmuutos ja luontokato ovat osin erilaisia ilmiöitä: molemmat ovat globaaleja ongelmia, mutta luontokadon vaikutukset ovat usein epäsuoria, vaikutusketjut ovat monimutkaisia ja luontokadon haitat ovat sidoksissa paikallisiin olosuhteisiin ja ekosysteemeihin²³.

🔍 Lajiston monimuotoisuus on ilmastonmuutosta monitahoisempi kysymys eikä samanlaisia globaalitason malliperusteisia kustannus-hyötyarvioita luontokadun taloudellista kustannuksista ole tehty.

Luonnon monimuotoisuus ylläpitää ekosysteemipalveluja, jotka ovat taloudellisen tuotannon kannalta välttämättömiä. Monimuotoisuuden heikkeneminen voi siten aiheuttaa merkittäviä hyvinvointi- ja tuottavuustappioita^{24,25}.

Parantuva luonnontila ja lisääntyvät ekosysteemipalvelut edistävät ihmisten virkistyskäyttömahdollisuuksia, parantavat terveyttä ja luovat työllistymis- ja liiketoimintamahdollisuuksia. Näitä hyötyjä voidaan arvioida epäsuorilla laskentamalleilla, kuten WWF:n Nature Capital Project-hankkeessa kehitetty InVEST-malli²⁶, jota on sovellettu alueellisesti ekosysteemipalveluiden arviointiin.

4.4. Suomessa on laskettu Itämeren tilan parantamisen kustannushyötyjä

Suomalainen esimerkki alueellisesta kustannushyötyanalyysistä on arvio Itämeren tilan parantamiseen tähtäävän toimintasuunnitelman hyödyistä ja kustannuksista. Vesiensuojelun hyödyt voidaan tulkita myös käänteisenä haittana, joka koituisi Itämeren alueen kansalaisille ilman toimenpideohjelman toteutusta. Hyötyjä arvioitiin ehdollisen arvottamisen menetelmällä, jossa suurelta otokselta Itämeren maiden kansalaisia kysyttiin halukkuutta maksaa veroina Itämeren tilan parantamisesta²⁷.

Tulosten perusteella toimintasuunnitelman toteuttamisen hyödyt – n. 3,6 miljardia euroa vuodessa²⁷ – ylittivät selvästi toimenpiteiden kustannukset – n. 1,5 miljardia euroa vuodessa²⁸.

4.5. Päästöhintoittelu on vähentänyt päästöjä häiritsemättä yritysten liiketoimintaa

EU:n päästökauppa on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi vähentää päästöjä ilman merkittäviä negatiivisia vaikutuksia yritysten liiketoimintaan²⁹⁻³¹, ja Suomen hiilidioksidiveron osalta tulokset ovat samansuuntaisia³². Luontokatoa ei Suomessa toistaiseksi juurikaan hinnoitella³³.

Metsien hiilensidontaa ja puupolttoaineiden ilmastopäästöjä ei toistaiseksi hinnoitella. Tulevaisuudessa hiilensidontan ja luontokadon hinnoittelu voisi vaikuttaa verrattain paljon metsäteollisuuden kestävään kasvuun ja vientiin.

5. TKI-POLITIIKAN MAHDOLLISUUKSIA TUKEA ILMASTO- JA LUONTOTAVOITTEITA

5.1. Puhtaan teknologian edistäminen tukee ilmastonmuutoksen hillintää

Tukemalla puhtaiden teknologioiden kehittämistä voidaan edistää uudistavaa kasvua ja ilmastonmuutoksen hillintää samanaikaisesti³⁴.

Parhaiden teknologioiden ja vientialojen valinta kannattaa silti jättää pääosin markkinoiden tehtäväksi, sillä markkinatoimijoilla on yleensä julkista valtaa parempi tieto teknologioiden ja liiketoimintamallien potentiaalista^{35,36}.

Suomi tavoittelee Euroopan johtavaa asemaa vetytaloudessa, mutta vedyn kysyntä ei tällä hetkellä perustu markkinaehtoiseen kysyntään, vaan lähinnä sääntelyyn: EU-tasolla on asetettu velvoitteita teollisuudelle ja liikenteelle uusiutuvan vedyn käytöstä. TKI-panostusten voimakas suuntaaminen yksittäiseen teknologiaan sisältää siksi merkittävän riskin.

5.2. Uudistava teollisuuspolitiikka avaa merkittäviä mahdollisuuksia

Useat Aasian maat, kuten Etelä-Korea, ovat nousseet määrätietoisesti teollisuuspolitiikan avulla korkean teknologian maiksi hyvin nopeasti³⁷.

Teollisuuspolitiikka voidaan nähdä yleisen TKI-politiikan jatkeena, jossa tehdään strategisia valintoja ja edistetään uusien ratkaisujen käyttöönottoa. Energia- ja materiaaintensiivisen teollisuuden suurten ilmasto- ja luontovaikutusten vuoksi uudistava teollisuuspolitiikka on erityisen lupaava ja tärkeä politiikkatoimi.

Suomen kansallinen TKI-strategia ei takaa, että tuotekehityksen tulokset ja innovaatiot olisivat ympäristöystävällisiä. Julkisen TKI-rahoituksen hankkeita tulisi valintavaiheessa arvioida niiden ilmasto- ja luontovaikutusten osalta.

Fossiilisiin raaka-aineisiin nojaava tuotanto, kuten muovin tuotanto, tulisi pyrkiä korvaamaan uusiutuville materiaaleille. Kansallista ja EU-lainsäädäntöä tulisi ohjata verottamaan muovituotteita ja lisäämään kannusteita biopohjaisten muovien korvaavien tuotteiden innovointiin ja käyttöönnottoon.

Valtion toimia ja tukea TKI-toiminnalle kannattaa suunnata strategisiin kyvykkyyksiin, kuten energia- ja verkkoteknologioihin, kyberturvallisuuteen, data-infrastruktuuriin, tekoälyyn, kvantti-, puolustus- ja materiaaliteknologioihin. Näiden edistämiseksi hankkeita tulisi jäsentää mission-oriented -lähestymistavan mukaisesti³⁸, jossa keskeistä ei ole yksittäisten teknologioiden tukeminen, vaan selkeiden ja kunnianhimoisten yhteiskunnallisten tavoitteiden asettaminen sekä niiden ympärille rakentuva koordinoitu politiikkakokonaisuus.

Missiolähtöinen lähestymistapa yhdistää julkisen rahoituksen, sääntelyn ja innovaatiopolitiikan keinot tavalla, joka ohjaa investointeja ja muokkaa markkinoiden kehityssuuntaa strategisesti keskeisillä aloilla. Julkisen sektorin roolina on osallistua aktiivisesti uusien markkinoiden ja ekosysteemien rakentamiseen sekä kantaa myös alkuvaiheen riskiä esimerkiksi pilottien, testialustojen ja ensimmäisten kaupallisten referenssien kautta, samalla mahdollistaen yksityisen pääoman liikkeellelähden ja teknologioiden skaalautumisen.

6. ILMASTO- JA LUONTORISKIT HUOLTOVARMUUELLE

Ilmastonmuutos ja luontokato vaikuttavat laaja-alaisesti Suomen kokonaisturvallisuuteen ja siten myös huoltovarmuuteen^{7,11,39}, heikentämällä niiden taustatekijöitä, vahvistamalla geopoliittisten häiriöiden seurauksia ja vaikeuttamalla kriisivalmiutta.

6.1. Vuosien 2027–2035 merkittävimmät huoltovarmuusriskit

Ruokaturvaan liittyvät huoltovarmuusriskit

1. Sään ääri-ilmiöt nostavat ruoan hintaa globaalisti ja Euroopassa

Sään ääri-ilmiöt ovat jo nostaneet ruoan hintaa globaalisti⁴⁰. Äärisäät näkyvät Euroopassa ruokaturvan ja käyttöveden saannin heikkenemisenä, terveysvaikutuksina ja taloudellisten riskien kasvuna⁴⁵.

Geopoliittisten tapahtumien ja äärimmäisten sääilmiöiden yhdistelmästä syntyvät shokit ruoantuotannolle ovat lisääntyneet globaalisti, ja kytkeytyneet häiriöt voivat levitä helposti useille elintarvikesektoreille⁴¹.

Veden saatavuuden heikkeneminen voi haitata kansainvälistä elintarvikekauppaa ja edelleen nostaa Suomeen tuotavien elintarvikkeiden hintaa.

2. Lämpenemisen vaikutukset Suomen maataloustuotantoon

Ilmaston lämpeneminen on jo pidentänyt kasvukautta ja monipuolistanut viljelykasvivalikoimaa. Aiemmin Etelä-Suomeen painottuneita lajeja, kuten hernettä, härkäpapua, rypsiä ja rapsia, viljellään nyt laajemmin. Myös lämpöä suosivien kasvien, kuten maissin, tuotantomahdollisuudet paranevat⁴².

Kääntöpuolena helteet ja alkukesän kuivuus voivat aiheuttaa merkittäviä satotappioita, herkistää kasvustoja taudeille ja lisätä tuholaisien määrää.

Puintiaikaan lisääntyvät sateet ovat lähinnä haitaksi ja syyssadanta uhkaamaan rakennetta ja lisää huuhtoumariskiä.

Leutojen ja kylmien jaksojen tiheämpi vuorottelu talvella voi lisäksi kasvattaa talvituhojen riskiä⁴².

Ilmastonmuutos voi laajentaa tuholaishyönteisten ja kasvitautien esiintymisalueita. Viljelykasvien kilpailukyky rikkakasveja vastaan heikkenee, ja uudet viljelykasvit voivat myös tuoda mukanaan uusia kasvintuhoojia. Lisäksi syysviljojen lisääntyminen nopeuttaa härmän ja ruosteiden leviämistä kasvukauden aikana.

3. Tuontiriippuvaisuus tuotantopanoksista altistaa tuotanto- ja toimitushäiriöille

Suomi on ruoantuotannossa verrattain omavarainen, mutta tuontiriippuvainen monista keskeisistä tuotantopanoksista: polttoaineista, lannoitteista ja niiden raaka-aineista, kasvinsuojeluaineista sekä rehukomponenteista⁴³.

Useiden ruokakasvien, kuten sokerijuurikkaan, rapsin ja herneiden viljelyyn käytetään osin tuontisiemeniä⁴⁴, joiden saatavuus ja laatu voi heikentyä ilmastonmuutoksen myötä⁴⁵.

Kasvinsuojeluaineiden tehoaineiden saannissa on jo esiintynyt häiriöitä Kiinan sulkiessa tehtaita ympäristösyistä⁴⁵. Ilmastonmuutoksen kasvattaessa kasvitauti- ja tuholaisriskiä niiden kysyntä voi entisestään lisääntyä⁴⁶.

Lannoitteiden raaka-aineista Suomeen tuodaan etenkin ammoniakkia, typpeä ja kaliumia. Kaliumin vesi-intensiivinen tuotanto on maantieteellisesti hyvin keskittynyttä ja riippuvaista kuivuudelle alttiista maista, kuten Marokosta ja Tunisiasta. Maailman kaliumkaivoista 36% sijaitsee tietyllä jokialueella Kanadassa⁴⁷.

Muihin kriittisiin toimintoihin liittyvät huoltovarmuusriskit

1. Energiasiiirtymä voi tuottaa uusia riippuvaisuuksia

Energiasiiirtymä luo uusia materiaalisia riippuvuuksia, sillä uusiutuvan energian tuotanto edellyttää suuria määriä kaivannaisia, joiden saatavuus on osin keskittynyttä Kiinaan⁴⁸. Samalla yhtäaikaisten häiriöiden riski kasvaa: energiakriisin, hellekauden ja Euroopan energiantuotannon horjumisen yhdistelmät tulevat entistä todennäköisemmiksi⁴⁹.

2. Logistiikan häiriöt voivat kasvaa

Yksittäinenkin sään ääri-ilmiö voi aiheuttaa pitkäkestoisia häiriöitä infrastruktuuriin, logistiikkaan ja työvoimaan⁵⁰. Esimerkiksi Taiwanin kuivuus vuonna 2021 johti mikrosirutuotannon häiriöihin ja viivästyksiin pienelektronikan toimituksissa maailmanlaajuisesti. Jatkossa kuivuuden vaikutukset tekoälyn ja uusiutuvan energian ratkaisussa käytettyihin mikrosiruuihin voivat olla entistä vakavampia^{51,52}.

Pitkät ja monimutkaiset tuotantoketjut lisäävät haavoittuvuutta. EU:n yritys vastuudirektiivi voisi ohjata yrityksiä tunnistamaan tuotantoketjunsä ilmasto- ja ympäristöriskejä paremmin, mutta direktiivin höllentäminen koskemaan vain suurempia yrityksiä heikentäisi sen ohjaavaa huoltovarmuusvaikutusta.

3. Lääkkeiden saatavuus voi heikentyä

Lääkkeiden tuotanto- ja toimitushäiriöt voivat lisääntyä, sillä lääkkeitä tuotetaan runsaasti ilmastonmuutokselle haavoittuvilla alueilla kuten Kiinassa ja Intiassa⁵³.

6.2. Pidemmän aikavälin merkittävimmät huoltovarmuusriskit

Pidemmällä aikavälillä kaikki lyhyemmänkin aikavälin riskit kasvavat, mikäli ilmasto- ja luontotoimissa ei onnistuta tavoitteiden mukaisesti. Hillitsemättömänä ilmastonmuutos voisi sysätä kolmasosan maailman ruoantuotantoon käytävästä alueesta turvallisten ilmasto-olosuhteiden ulkopuolelle vuosisadan loppuun mennessä⁵⁴.

Toteutuessaan riskien vaikutukset ylittävät sektorirajat: vakava kuivuus voi voimistaa samanaikaisesti sekä ruoantuotantoon että energijärjestelmään kohdistuvia häiriöitä ja vaikutukset voimistavat toinen toisiaan¹⁵.

Atlantin meridionaalinen kiertoliike (AMOC) kuljettaa lämpöä kohti Eurooppaa, ja sen heikentyminen ilmastonmuutoksen myötä voisi johtaa huomattavasti kylmempiin lämpötiloihin Pohjois-Euroopassa sekä heikentää maatalouden edellytyksiä viilenemisen, kuivumisen ja vuodenaikojen ennustamattomuuden kautta. Varsinaiset vaikutukset toteutuisivat todennäköisesti aikaisintaan 2100-luvulla, mutta keikahduspiste voitaisiin ylittää jo vuosikymmeniä aiemmin. Mahdollisten sopeutus- ja varautumiskeinojen etsiminen on ajankohtaista jo nyt⁵⁵.

Helteet ja kuivuudet pahenevat eniten Etelä-Euroopassa, missä myös ruoantuotantoon ja elinkeinoin kohdistuvat haitat ovat suurimmat. Tämä voi synnyttää EU:n sisällä eriarvoisuutta, erimielisyyttä ja paineita kompensatiomekanismeille sekä johtaa sisäiseen muuttoliikkeeseen etelästä pohjoiseen.

Ilmastotavoitteissa epäonnistuminen ja luontokadon eteneminen tekevät maailmasta todennäköisesti entistä epävakamman, jolloin luonnonvarojen hallinta ja ympäristökatastrofeihin vastaaminen nousevat kansainvälisen politiikan keskiöön.

7. ILMASTO- JA LUONTOTOIMIEN KANNATUS JA HYVÄKSYMINEN

7.1. Kokemus reiludesta ja toimien oletettu tehokkuus tukevat hyväksyttävyyttä

Keskeinen politiikkatoimien hyväksyttävyyttä edistävä tekijä on kokemus niiden reiludesta. Reiluus liittyy kulujen jakautumiseen sekä valtio-, ala- ja toimija-kohtaiseen vastuunjakoon⁵⁶⁻⁵⁹. Reiluus voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että fossiilisten polttoaineiden verotuksessa huomioidaan maaseudulla asuvien suuremmat energiatarpeet⁶⁰. Myös ilmastotoimien oletettu tehokkuus on tärkeää hyväksyttävyyden kannalta^{56,58,59}.

Hyväksyttävyyden riippuu siitä minkä asian ja kenen näkökulmasta sitä tarkastellaan. Poliittikakeino voi olla yleisenä periaatteena kannatettu, mutta kun määritellään sen yksityiskohtia myös hyväksyttävyyden voi kasvaa tai vähentyä⁶¹⁻⁶³. On myös havaittu, että ympäristöpolitiikan keinojen hyväksyttävyyden muuttuu, kun niiden toimeenpanosta on kulunut aikaa^{64,65}.

Hyväksyttävyyteen voidaan vaikuttaa myös poliittikakeinojen viestinnällisellä kehystämällä, joka on toisaalta myös nähty manipuloiduissa olevana ja poliittisesti hyödynnettävissä olevana asiana^{62,66}. Esimerkiksi ilmastotoimien perustelu riippumattomuudella ulkomaisista energialähteistä edistää hyväksyttävyyttä enemmän kuin perustelu taloudellisella hyödyllä tai päästövähennyksillä⁶⁷.

? Osallistaminen ilmasto- ja luototoimiin saattaa olla hyväksyttävyyttä vahvistava tekijä, mutta tutkimusnäyttöä puuttuu.

7.2. Vapaaehtoisuuteen pohjaavat keinot ovat laajemmin hyväksytyjä kuin rajoitteet

Sekä Suomessa että kansainvälisesti vapaaehtoiset ja kevyemmin ohjaavat keinot – kuten informaatio-ohjaus ja tuupaus – ovat laajemmin hyväksytyjä kuin rajoittaviksi koetut kiellot tai kustannuksia nostavat taloudelliset keinot kuten verot^{3,68-70}. Suomen luontopolitiikan osalta luontokatoa aiheuttavan toiminnan kieltäminen on saanut vähiten kannatusta verrattuna taloudelliseen ohjaukseen ja informaatio-ohjaukseen³.

Ilmastopolitiikan osalta on jonkin verran näyttöä myös siitä, että kieltoja ja määräyksiä kannatetaan silti enemmän kuin markkinaperusteisia tai suoria taloudellisia kustannuksia tuottavia ohjauskeinoja⁷¹⁻⁷³.

Vapaaehtoisten ja kannustavien keinojen hyväksyttävyyden kyselytutkimuksessa ei vielä tarkoita, että kansalaiset olisivat valmiita muuttamaan omaa toimintaansa, mikä voi tehdä näistä keinoista politiikan tavoitteiden näkökulmasta tehottomampia kuin pakottava ohjaus.

7.3. Ekologinen kompensatio on esimerkki kansalaisten hyväksymästä keinosta

Ekologinen kompensatio eli luontohaittojen korvaamisella, jota käytetään erityisesti rakentamisen yhteydessä, on kyselytutkimuksessa havaittu kansalaisten kannattamaksi keinoksi^{3,74}. Sen käytännön toteuttaminen vaatii kuitenkin myös toimijoiden markkinahyväksynnän, jota haittaavat pakottavan sääntelyn puute ja korvausmarkkinoiden perustamisesta puuttuvat valtion panostukset^{75,76}.

Kompensaation käytännön toteuttamisesta ja paikallisista sosiaalisista vaikutuksista on huonoja kokemuksia muista maista⁷⁷, ja tällaisesta on viitteitä myös Suomessa⁷⁸. Ekologisen kompensatian yleistyminen ja siitä saatavat käytännön kokemukset voivat siis muuttaa kansalaisten näkemyksiä tulevaisuudessa.

? Luonnon monimuotoisuutta tukevan politiikan hyväksyttävyyttä on tutkittu selvästi vähemmän kuin ilmastopolitiikan, ja tutkimuksessa on keskitytty usein tiettyihin kohderyhmiin kuten maanviljelijöihin tai metsänomistajiin.

7.4. Poliittikapaketointi kasvattaa hyväksyttävyyttä

Kansainväliset tutkimukset osoittavat, että toimintaa rajoittavien tai kustannuksia lisäävien poliittikakeinojen hyväksyttävyyttä voidaan edistää yhdistämällä niitä muihin poliittikakeinoihin, eli tekemällä

politiikkapaketoitua^{72,79,80}. Erityisesti vaikutusten lieventäminen ja politiikkakeinon tuottamien tulojen kohdistaminen hyödylliseen tarkoitukseen ovat hyväksyttävyyttä lisääviä keinoja⁷⁹⁻⁸². On myös havaittu, että politiikkapaketointi ja kustannusvaikutusten kompensointi toisaalla voi lisätä hyväksyttävyyttä erityisesti pienituloisten keskuudessa⁸¹. Suomessa on kannatettu erityisesti ilmastopolitiikan kustannusten kohdentumista suhteessa tuloihin ja yleisiä sosiaalipoliittisia tukia kehittämällä mieluummin kuin suoralla taloudellisella kompensoinnilla⁴.

Esimerkkejä onnistuneista politiikkapaketoinneista

- lihaan kohdistuvan veron hyväksyttävyyden kasvaa, jos tuloja käytetään hedelmien ja vihannesten verotuksen alentamiseen⁸²
- vähäpäästöisen liikkumisen tukeminen lisää kireän polttoaineverotuksen hyväksyttävyyttä⁸⁰
- tiemaksujen ja päästöperustaiseen autoverotuksen hyväksyttävyyttä lisää niihin yhdistetty informaatio-ohjaus⁷²

? Suomessa ei ole vielä tutkittu politiikkapaketoinnin vaikutusta ilmasto- tai luontotoimien hyväksyttävyyteen: millaiset politiikkayhdistelmät parantavat hyväksyttävyyttä ja miten sektorirajat ylittäviä hyväksyttäviä politiikkayhdistelmiä voitaisiin paremmin suunnitella.

7.5. Misinformaatio kohdentuu yhä enemmän varsinaisiin ilmastotoimiin

Yhdysvalloissa konservatiivisten ajatuspajojen ja öljyteollisuuden systemaattisesti levittämä ilmastodenialistinen misinformaatio on vaikuttanut asenteisiin ja hidastanut ilmastopolitiikkaa⁸³⁻⁸⁵. Misinformaation levittäminen on globaalisti verkottunutta ja näkyy myös Euroopassa eri sektorien teollisuudenalojen toiminnassa⁸⁶.

Misinformaatio on alkanut kohdistua yhä enemmän ilmastomuutoksen kieltämisen sijaan ilmastopolitiikan haittavaikutuksiin tai toimimattomuuteen sekä koettuun oikeudenmukaisuuteen⁸⁷⁻⁹⁰. Vaikuttamisen kohteena ovat yhä useammin myös päättäjät, ja tämä tapahtuu osin julkisuudelta piilossa⁹¹.

Esimerkkejä misinformaatiosta ja valikoivasta tiedon käytöstä Euroopassa

- Misinformaatio haittasi vähäpäästöisen liikkumisen edistämistä Englannissa hämärtämällä politiikkakeskustelua niin, että haittapuolet ylikorostuivat⁸⁸. Vastaavaa toimintaa on havaittu EU:n ennallistamisasetuksen yhteydessä⁹².
- Asumisen lähipalvelujen saavutettavuutta kävellessä tai julkisilla tavoitteleva ns. 15 minuutin kaupunki -idea on kohdannut koordinoitua misinformointia, jossa autoilua vähentämään pyrkivä politiikka on leimattu osaksi globaalia suunnitelmaa valinnanvapauden rajoittamiseksi⁹³, joka on johtanut protesteihin useissa eri maissa^{88,92,93}.
- Suomessa metsiin liittyvässä ilmasto- ja luontopoliittisessa keskustelussa esiintyy valikoivaa tutkimustiedon käyttöä, sillä keskeisillä sidosryhmillä on eriävät tavoitteet^{62,94}. Tämä on luonut vaikutelmaa tiedeyhteisön suuresta erimielisyydestä metsien käytön ilmastovaikutuksista⁹⁴.

Dis- ja misinformaatio saavat tarttumapintaa tilanteissa, joissa taustalla on aito henkilökohtainen huoli esimerkiksi oman elinkeinon muutoksesta. Suomessa esiintyy ajatus, jonka mukaan huoltovarmuus vaarantuu turvemaapeltojen viljelykäyttöä rajoitettaessa, minkä taustalla on laajempi huoli viljelijöiden pärjäämisestä. Näiden huolien tunnistaminen ja niihin vastaaminen on tärkeää^{95,96}.

Misinformaation leviämistä voi jossain määrin ehkäistä tarjoamalla faktoja⁹⁷, lisäämällä tietoa misinformaation toimintalogiikasta⁹⁸ ja kohdistamalla huomio sitä tuottaviin rakenteisiin ja toimijoihin⁹⁹.

? Suomessa dis- ja misinformaatiota on ilmasto- ja luontopolitiikan kontekstissa tutkittu suoraan vielä vähän.

LÄHTEET

1. Ilmastobarometri 2025. (2025). Aineistot ladattavissa ympäristöministeriön sivuilla: <https://ym.emmi.fi/1/xgQhLFtkVNx7>
2. Luontobarometri 2025. (2025). Aineistot ladattavissa ympäristöministeriön sivuilla: <https://ym.emmi.fi/1/xgQhLFtkVNx7>
3. Seppälä, T., Varumo, L., Oinonen, I., Raatikainen, K., & Huttunen, S. (2024). Kansalaisten tieto ja näkemykset luonnon monimuotoisuuden turvaamisesta ja ekologisesta kompensatiosta (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5/2024). <http://hdl.handle.net/10138/573596>
4. Huttunen, S., Tuovila, S., Turunen, A., Järvelä, M., & Kortetmäki, T. (2022). Ilmastopolitiikka, työelämä ja reilu siirtymä – Työelämässä olevien suhtautuminen ilmastopolitiikan vaikutuksiin Suomessa (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 42/2022).
5. Leino, M. O., & Tiihonen, A. (2023). Kosmopoliittiset kaupungit ja kotoperäiset pikkukunnat: Erot kuntalaisten ilmastohuolussa ja ilmastotoimia koskevissa asenteissa. *Kosmopolis*, 53(3), 42–65. <https://doi.org/10.70483/kp.130988>
6. Mäkelä, A., Tourula, T., Tuomenvirta, H., Jokinen, P., Laurila, T., Punkka, A.-J., Huuskonen, M., Brgman, T., & Valta, H. (2023). Climate change impacts to the security of supply. Finnish Meteorological Institute. <https://doi.org/10.35614/isbn.9789523361645>
7. Hakala, E., & Räisänen, H. (2024). Ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia huoltovarmuudelle. National Emergency Supply Agency. <https://fiia.fi/julkaisu/ilmastonmuutoksen-ketjuuntuvia-ja-siirtymävaikutuksia-huoltovarmuudelle>
8. Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Toivanen, T., Eronen, J. T., & Järvensivu, P. (2019). Onnistunut irtikytkentä Suomessa? Alue ja Ympäristö, 48(1), 3–13. <https://doi.org/10.30663/ay.76338>
9. Vadén, T., Ahokas, J., Ala-Lahti, T., Järvensivu, P., Lähde, V., Toivanen, T., & Eronen, J. (2025). Onko talouskasvun ja ympäristöpaineiden irtikytkennässä onnistuttu? Tapaus Suomi. Alue ja Ympäristö, 54(2), 127–140. <https://doi.org/10.30663/ay.152069>
10. Brand, U., Hausknost, D., Brad, A., Eyselein, G., Krams, M., Maneka, D., Pichler, M., & Schneider, E. (2025). Structural limitations of the decarbonization state. *Nature Climate Change*, 15(9), 927–934. <https://doi.org/10.1038/s41558-025-02394-y>
11. Hakala, E., Erkamo, S., Pyykönen, J., Tuomenvirta, H., Tynkkynen, O., Berninger, K., & Vihma, A. (2021). Ilmastonmuutos ja Suomen turvallisuus: Uhat ja varautuminen kokonaisturvallisuuden toimintamallissa (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:52).
12. Metsäbiotalouden tiedepaneeli. (2024). Lankusta lääkkeisiin – Tuoteportfolion arvonnoususta uutta arvonlisää metsäsektorille (Raportti 2/2024). <https://metsatiedepaneeli.fi/wp-content/uploads/2024/04/Lankusta-laakkeisiin-Tuoteportfolion-arvonnoususta-uutta-arvonlisaa-metsasektorille.pdf>
13. Ministeriet for Grøn Trepert. (2024). About the agreements on a Green Denmark. <https://mgtp.dk/groent-danmark/english-a-greener-denmark/about-the-agreements-on-a-green-denmark>
14. Bilal, A., & Känzig, D. R. (2026). The macroeconomic impact of climate change: Global versus local temperature. *The Quarterly Journal of Economics*. <https://doi.org/10.1093/qje/qjag011>
15. EEA. (2024). European climate risk assessment. Executive summary (EEA Report 1/2024). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>
16. EEA. (2025). Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/economic-losses-from-climate-related>
17. Stern, N. (2006). Stern review on the economics of climate change. HM Treasury. http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
18. Nordhaus, W. (2018). Prize Lecture. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach 2026. Thu. 16 Apr 2026. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/nordhaus/lecture/>
19. Romer, P. (2018). Prize Lecture. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach 2026. Thu. 16 Apr 2026. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/romer/lecture/>
20. Dellink, R., Lanzi, E., & Chateau, J. (2019). The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. *Environmental and Resource Economics*, 72(2), 309–363. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0197-5>
21. Sand Kirk, J., Nyvang Dalgaard, T., & Birk Stewart, L. (2025). The GreenREFORM EU model. https://dreamgroup.dk/Media/63907609660080261/the_greenreform-eu_model.pdf
22. Honkatukia, J. (2019). FINAGE/REFINAGE general equilibrium models of the Finnish economy. Teoksessa Honkatukia, Lehtomaa, Alimov, Huovari, & Ruuskanen (toim.), ALTA – Alueellisen taloustiedon tietokanta (VNK julkaisu 41/2019).
23. IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (E. Brondizio, S. Diaz, J. Settele, & H. T. Ngo, toim.; Versio 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3831673>
24. Barbier, E. B. (2019). The concept of natural capital. *Oxford Review of Economic Policy*, 35(1), 14–36. <https://doi.org/10.1093/oxrep/gry028>
25. Dasgupta, P. (2021). The economics of biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury. <https://www.gov.uk/government/collections/the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
26. Posner, S. M., McKenzie, E., & Ricketts, T. H. (2016). Policy impacts of ecosystem services knowledge. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(7), 1760–1765. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502452113>
27. Ahtiainen, H., Artell, J., Czajkowski, M., Hasler, B., Hasselström, L., Huhtala, A., Meyerhoff, J., Smart, J. C. R., Söderqvist, T., Alemu, M. H., Angeli, D., Dahlbo, K., Fleming-Lehtinen, V., Hyttiäinen, K., Karlövea, A., Khaleeva, Y., Maar, M., Martinsen, L., Nömmann, T., Pakalniete, K., Oskolokaite, I., & Semeniene, D. (2014). Benefits of meeting nutrient reduction targets for the Baltic Sea: A contingent valuation study in the nine coastal states. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 3(3), 278–305. <https://doi.org/10.1080/21606544.2014.901923>
28. Ahlvik, L., Ekholm, P., Hyttiäinen, K., & Pitkänen, H. (2014). An economic–ecological model to evaluate impacts of nutrient abatement in the Baltic Sea. *Environmental Modelling & Software*, 55, 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.01.017>
29. Colmer, J., Martin, R., Muùls, M., & Wagner, U. J. (2025). Does pricing carbon mitigate climate change? Firm-level evidence from the European Union Emissions Trading System. *The Review of Economic Studies*, 92(3), 1625–1660. <https://doi.org/10.1093/restud/rdae055>
30. Dechezleprêtre, A., Nachtigall, D., & Venmans, F. (2023). The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102758. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102758>
31. Klemetsen, M., Rosendahl, K. E., & Jakobsen, A. L. (2020). The impacts of the EU ETS on Norwegian plants' environmental and economic performance. *Climate Change Economics*, 11(01), 2050006. <https://doi.org/10.1142/S2010007820500062>
32. Laukkanen, M., & Ollikka, K. (2025). Effects of energy taxes on energy use, emissions and manufacturing activity: Evidence from a tax reform. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5393164>
33. Pouta, E., Hiedanpää, J., Iho, A., Kniivilä, M., El Geneidy, S., Kujala, H., Kyllönen, S., Laukkanen, M., Mykrä, N., Nyyssölä, M., Pakarinen, J., Silvola, H., Tynkkynen, N., & Vinnari, M. (2023). Assessing the economics of biodiversity in Finland: National implications of the Dasgupta Review. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/11111/12088>
34. Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D., & Kerr, W. (2016). Transition to clean technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>
35. Krugman, P., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2018). International economics: Theory and policy. Pearson. The impacts of the EU ETS on Norwegian plants' environmental and economic performance. *Climate Change Economics*, 11(01), 2050006. <https://doi.org/10.1142/S2010007820500062>
36. Rodrik, D. (2004). Industrial policy for the twenty-first century. Harvard University. <https://drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/industrial-policy-twenty-first-century.pdf>
37. Juhász, R., Lane, N., & Rodrik, D. (2024). The new economics of industrial policy. *Annual Review of Economics*, 16(1), 213–242. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-081023-024638>
38. European Commission. (2018). Directorate-General for Research and Innovation, Mission-oriented research & innovation in the European

Union – A problem-solving approach to fuel innovation-led growth, Publications Office, 2018, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/360325>

39. Salmi, A., Quarshie, A. M., Scott-Kennel, J., & Kähkönen, A. K. (2023). Biodiversity management: A supply chain practice view. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 29(4), 100865. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2023.100865>

40. Kotz, M., Donat, M. G., Lancaster, T., Parker, M., Smith, P., Taylor, A., & Vetter, S. H. (2025). Climate extremes, food price spikes, and their wider societal risks. *Environmental Research Letters*, 20(8), 081001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ade45f>

41. Cottrell, R. S., Nash, K. L., Halpern, B. S., Remenyi, T. A., Corney, S. P., Fleming, A., & Blanchard, J. L. (2019). Food production shocks across land and sea. *Nature Sustainability*, 2(2), 130–137. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0210-1>

42. Luonnonvarakeskus. (2024). Ilmastonmuutos tuo maataloudelle sekä haasteita että mahdollisuuksia. <https://www.luke.fi/fi/uuutiset/ilmastonmuutos-tuo-maataloudelle-seka-haasteita-etta-mahdollisuuksia>

43. Jansik, C., Huuskonen, H., Karhapää, M., Keskitalo, M., Leppälä, J., Niemi, J., Niskanen, O., Perttilä, S. & Rinne, M. (2021). Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit: Kriiseihin varautuminen ruokahuollon turvaamisessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2021*. Luonnonvarakeskus

44. Keskitalo, M. (2021). Kylvösiemenet. Teoksessa C. Jansik, H. Huuskonen, M. Karhapää, M. Keskitalo, J. Leppälä, J. Niemi, O. Niskanen, S. Perttilä, & M. Rinne (toim.), *Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2021, s. 10–31)*. Luonnonvarakeskus.

45. Maity, A., Paul, D., Lamichaney, A., Sarkar, A., Babbar, N., Mandal, N., & Chakrabarty, S. K. (2023). Climate change impacts on seed production and quality: Current knowledge, implications, and mitigation strategies. *Seed Science and Technology*, 51(1), 65–96. <https://doi.org/10.15258/sst.2023.51.1.07>

46. Martínez-Megias, C., Mentzel, S., Fuentes-Edfuf, Y., Moe, S. J., & Rico, A. (2023). Influence of climate change and pesticide use practices on the ecological risks of pesticides in a protected Mediterranean wetland: A Bayesian network approach. *Science of the Total Environment*, 878, 163018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163018>

47. Morgan, A. J., & Dobson, R. (2020). An analysis of water risk in the mining sector (Water Risk Filter Research Series, Volume 1). WWF Germany & WWF Sweden. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/analysis_of_water_risk_in_mining_sector_wwf_water_risk_filter_research_series_.pdf

48. Haddad, A. Z., Hackl, L., Akuzum, B., Pohlman, G., Magnan, J.-F., & Kostecki, R. (2023). How to make lithium extraction cleaner, faster and cheaper — in six steps. *Nature*, 616(7956), 245–248. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00978-2>

49. Hakala, E. (2023). Climate change and security: Preparing for various impacts (FIIA Briefing paper 369). Finnish Institute of International Affairs. <https://www.fiaa.fi/julkaisu/climate-change-and-security>

50. Lawrence, J. M. E. (2024). Disruptors and resilience capabilities of pharmaceutical supply chains exposed to rare catastrophic disasters: Case studies of one localized and one global disaster [Väitöskirja, Mississippi State University].

51. Narvaez, L., Janzen, S., Eberle, C., & Sebesvari, Z. (2021). Taiwan drought. UNU-EHS. <https://uploads.geobingan.info/attachment/0d2e0def27fc43a6b12910d64ab8cda5.pdf>

52. Hakala, E., & Räisänen, H. (2025). Environment-related risks in comprehensive security: A framework for foresight and preparedness (FIIA Briefing Paper 423). <https://fiaa.fi/en/publication/environment-related-risks-in-comprehensive-security>

53. Mäkelä, A., Tourula, T., Tuomenvirta, H., Jokinen, P., Laurila, T., Punkka, A.-J., Huuskonen, M., Bergman, T., & Valta, H. (2022). Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen huoltovarmuudelle. *Ilmatieteen laitos*. <http://hdl.handle.net/10138/352762>

54. Kummu, M., Heino, M., Taka, M., Varis, O., & Virolahti, D. (2021). Climate change risks pushing one-third of global food production outside the safe climatic space. *One Earth*, 4(5), 720–729. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.017>

55. Nummelin, A., van den Broek, D., Leppänen, L., Leppänen, S., Merikanto, J., Rantanen, M., Thölix, L., Vihma, T., Räisänen, H., Uotila, P., Filimonova, N., Mettinen, I., Moore, J., Raheem, D., Rasmus, S., Sanaksenaho, S., Reh, V., Yamineva, Y., Sarkki, S., ... Hubbard, A. (2026). A Nordic Perspective on AMOC

Tippling: Impacts and Strategies for Prevention and Governance. Nordisk Ministerråd. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:norden:org:diva-13742>

56. Perlaviciute, G. (2025). Understanding the relationship between public participation and public acceptability of climate policies. *Cell Reports Sustainability*, 2(9), 100441. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2025.100441>

57. Schaeffer, R., Schipper, E. L. F., Ospina, D., Mirazo, P., Alencar, A., Anvari, M., Artaxo, P., Biresselioglu, M. E., Blome, T., Boeckmann, M., Brink, E., Broadgate, W., Bustamante, M., Cai, W., Canadell, J. G., Cardinale, R., Chidichimo, M. P., Ditlevsen, P., Eicker, U., & Zierovogel, G. (2025). Ten new insights in climate science 2024. *One Earth*, 8(6), 101285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101285>

58. Eppe, P. S., Dreijerink, L., & Peuchen, R. (2022). Assessing the acceptability of climate policy from three perspectives: Policy-specific beliefs, policy characteristics, and individual characteristics. *PsyArXiv*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/vuetg>

59. Bergquist, M., Nilsson, A., Harring, N., & Jagers, S. C. (2022). Meta-analyses of fifteen determinants of public opinion about climate change taxes and laws. *Nature Climate Change*, 12(3), 235–240. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01297-6>

60. Zhang, S., Ferreira, S., & Karali, B. (2025). Understanding public acceptability of climate policies in Europe. *Climate Policy*, 25(5), 725–740. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2415371>

61. Vesely, A. (2024). Policy calibration and policy acceptability: Assumptions, evidence, and practical implications. *Policy Design and Practice*, 7(2), 176–190. <https://doi.org/10.1080/25741292.2024.2342098>

62. Lonkila, A., Ott, A., Pitzén, S., Arola, T., & Huttunen, S. (2025). From timber to carbon: Stakeholder acceptance of policy measures supporting forest management transition in Finland. *Forest Policy and Economics*, 170, 103394. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103394>

63. Lindgren, O., Jagers, S. C., & Lindvall, D. (2026). The impact of policy design on opposition to restrictive climate policies. *Ecological Economics*, 240, 108813. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108813>

64. Jagers, S. C., Matti, S., & Nilsson, A. (2017). How exposure to policy tools transforms the mechanisms behind public acceptability and acceptance—The case of the Gothenburg congestion tax. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(2), 109–119. <https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1197348>

65. Baranzini, A., Carattini, S., & Tesaro, L. (2021). Designing effective and acceptable road pricing schemes: Evidence from the Geneva congestion charge. *Environmental and Resource Economics*, 79(3), 417–482. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00564-y>

66. Chong, D., & Druckman, J. N. (2007). Framing theory. *Annual Review of Political Science*, 10(1), 103–126. <https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.10.072805.103054>

67. Ahonen, S., Leino, M., & Tiuhonen, A. (2025). Framing climate policy around energy independence enhances acceptance and perceived effectiveness: Evidence from a Finnish survey experiment. *Climatic Change*, 178(2), 22. <https://doi.org/10.1007/s10584-025-03859-x>

68. Ammann, J., Arbenz, A., Mack, G., Nemecek, T., & El Benni, N. (2023). A review on policy instruments for sustainable food consumption. *Sustainable Production and Consumption*, 36, 338–353. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.01.012>

69. Latvala, T. (toim.), Karhula, T., Kirveennummi, A., Mäkelä, J., Saarimaa, R., Salmivaara, L., Silfver, M., Haaksiala, H., & Niva, M. (2025). Ruokatulevaisuudet: Näkymiä ja tekoja ruokajärjestelmän murroksissa (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2025). Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/99d42ebc-7cec-4cbc-bdbd-7fd4f953825d/content>

70. Sivonen, J., Härmä, V., & Karvonen, S. (2026). Support for coercive and voluntary climate policies: The relevance of climate change concern, political trust and generalised trust in Finland. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 18(1), 70–90. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-01-2025-0028>

71. Davidovic, D., & Harring, N. (2020). Exploring the cross-national variation in public support for climate policies in Europe: The role of quality of government and trust. *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101785>

72. Wicki, M., Huber, R. A., & Bernauer, T. (2020). Can policy-packaging increase public support for costly policies? Insights from a choice experiment on policies against vehicle emissions. *Journal of Public Policy*, 40(4), 599–625. <https://doi.org/10.1017/S0143814X19000205>
73. Poortinga, W. (2025). The role of policy appraisals and second-order beliefs in public support for climate policies in the UK. *Climate Policy*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/14693062.2025.2539977>
74. Seppälä, T., Raatikainen, K., Varumo, L., Oinonen, I., Lehtiniemi, H., Paloniemi, R., & Huttunen, S. (2025). Exploring the formation of public acceptability of biodiversity offsetting in Finland. *Conservation Biology*, e70169. <https://doi.org/10.1111/cobi.70169>
75. zu Ermgassen, S. O., Hawkins, I., Lundhede, T., et al. (2025). The current state, opportunities and challenges for upscaling private investment in biodiversity in Europe. *Nature Ecology & Evolution*, 9, 515–524. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02632-0>
76. OECD (2025). *Scaling Up Biodiversity-Positive Incentives: Delivering on Target 18 of the Global Biodiversity Framework*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19b859ce-en>.
77. Tupala, A.-K., Huttunen, S., Aro, R., Lizarazo, C., & Tuittila, S. (2024). What are individual-level nature amends? Rescaling biodiversity offsetting from the community members' perspective. *Conservation Science and Practice*, e13189. <https://doi.org/10.1111/csp2.13189>
78. Pietilä, K., Oinonen, I., & Huttunen, S. (2024). Biodiversity offsetting as a form of depoliticised nature: Social aspects of a pilot project in Lahti, Finland. *Journal for Nature Conservation*, 81, 126700. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126700>
79. Givoni, M., Macmillen, J., Banister, D., & Feitelson, E. (2013). From policy measures to policy packages. *Transport Reviews*, 33, 1–20.
80. Fesenfeld, L. P. (2025). The effects of policy design complexity on public support for climate policy. *Behavioural Public Policy*, 9(1), 106–131. <https://doi.org/10.1017/bpp.2022.3>
81. Hedegaard, T. F., & Kongshøj, K. (2026). How redistribution can make carbon taxes more acceptable to the public. *The Social Science Journal*, 63(1), 430–443. <https://doi.org/10.1080/03623319.2024.2416774>
82. Ejelöv, E., Nässén, J., Matti, S., Elinder, L. S., & Larsson, J. (2025). Public and political acceptability of a food tax shift – An experiment with policy framing and revenue use. *Food Policy*, 130, 102772. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102772>
83. De Pryck, K., & Gemenne, F. (2017). The denier-in-chief: Climate change, science and the election of Donald J. Trump. *Law and Critique*, 28, 119–126. <https://doi.org/10.1007/s10978-017-9207-6>
84. Supran, G., & Oreskes, N. (2017). Assessing ExxonMobil's climate change communications (1977–2014). *Environmental Research Letters*, 12(8), 084019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa815f>
85. Supran, G., & Oreskes, N. (2020). Addendum to 'Assessing ExxonMobil's climate change communications (1977–2014)'. *Environmental Research Letters*, 15(11), 119401. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab89d5>
86. Brulle, R. J., & Roberts, J. T. (2024). Introduction: The first portrait of climate obstruction across Europe. Teoksessa R. J. Brulle, J. T. Roberts, & M. C. Spencer (toim.), *Climate obstruction across Europe* (s. 1–25). Oxford University Press.
87. Nicolosi, E., Medina, R., Brewer, S., Vorkink, M., & Allred, A. (2025). The new denial: Climate solution misinformation on social media. *Global Sustainability*, 8, e31. <https://doi.org/10.1017/sus.2025.10016>
88. Nadal, L. D. (2026). Low-emissions, High Tensions: Social Media Groups and the Escalation of Climate Obstruction. *Environmental Communication*, 20(1), 176–197. <https://doi.org/10.1080/17524032.2025.2596616>
89. Lamb, W. F., Mattioli, G., Levi, S., Roberts, J. T., Capstick, S., Creutzig, F., Minx, J. C., Müller-Hansen, F., Culhane, T., & Steinberger, J. K. (2020). Discourses of climate delay. *Global Sustainability*, 3, e17. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.13>
90. Lloyd, S., & Rhodes, E. (2026). Countering the climate change counter movement: Six lessons from Canada's climate delays. *Energy Research & Social Science*, 131, 104500. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104500>
91. Roberts, J. T., & Brulle, R. J. (2024). Conclusion: Ten lessons about climate obstruction across Europe. Teoksessa R. J. Brulle, J. T. Roberts, & M. C. Spencer (toim.), *Climate obstruction across Europe* (s. 347–362). Oxford University Press.
92. Pe'er, G., Kachler, J., Herzon, I., Hering, D., Arponen, A., Bosco, L., Bruelheide, H., Finch, E. A., Friedrichs-Manthey, M., Hagedorn, G., Hansjürgens, B., Ladouceur, E., Lakner, S., Liqueur, C., López-Hoffman, L., Pinto, I. S., Robuchon, M., Selva, N., Settele, J., & Bonn, A. (2025). Role of science and scientists in public environmental policy debates: The case of EU agrochemical and nature restoration regulations. *People and Nature*, 7(8), 1772–1788. <https://doi.org/10.1002/pan3.70064>
93. Marquet, O., Mojica, L., Fernández-Núñez, M.-B., & Maciejewska, M. (2024). Pathways to 15-minute city adoption: Can our understanding of climate policies' acceptability explain the backlash towards x-minute city programs? *Cities*, 148, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104878>
94. Kukkonen, A., & Malkamäki, A. (2024). A cultural approach to politicization of science: How the forestry coalition challenged the scientific consensus in the Finnish news media debate on increased logging. *Society & Natural Resources*, 37(1), 91–112. <https://doi.org/10.1080/08941920.2023.2259326>
95. Huttunen, S., Tykkyläinen, R., Kaljonen, M., Kortetmäki, T., & Paloviita, A. (2024). Framing just transition: The case of sustainable food system transition in Finland. *Environmental Policy and Governance*, 34(5), 463–475. <https://doi.org/10.1002/eet.2096>
96. Puupponen, A., Lonkila, A., Savikurki, A., Karttunen, K., Huttunen, S., & Ott, A. (2022). Finnish dairy farmers' perceptions of justice in the transition to carbon-neutral farming. *Journal of Rural Studies*, 90, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.01.014>
97. Schmid, P., & Betsch, C. (2019). Effective strategies for rebutting science denialism in public discussions. *Nature Human Behaviour*, 3, 931–939. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0632-4>
98. Cook, J., Lewandowsky, S., & Ecker, U. K. H. (2017). Neutralizing misinformation through inoculation: Exposing misleading argumentation techniques reduces their influence. *PLOS ONE*, 12(5), e0175799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175799>
99. Farrell, J., McConnell, K., & Brulle, R. (2019). Evidence-based strategies to combat scientific misinformation. *Nature Climate Change*, 9, 191–195. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0368-6>



SUOMALAINEN TIEDEAKATEMIA
FINNISH ACADEMY OF SCIENCE AND LETTERS
ACADEMIA SCIENTIARUM FENNICA