



Ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia huoltovarmuudelle

Kirjallisuuteen perustuva tilannekuva

Emma Hakala ja Helmi Räisänen
Ilmastonmuutos ja Suomen huoltovarmuus (ILHU) -projekti
2024



Huoltovarmuuskeskus



Huoltovarmuuskeskus

www.huoltovarmuuskeskus.fi

Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalistien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa.

Huoltovarmuuskeskus (HVK) on työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan laitos, jonka tehtävänä on maan huoltovarmuuden ylläpitämiseen liittyvä suunnittelu ja operatiivinen toiminta.

Huoltovarmuusorganisaatio (HVO) on verkosto, joka työskentelee yhdessä Suomen toimintakyvyn ja sen edellyttämän huoltovarmuuden hyväksi. Siihen kuuluvat Huoltovarmuuskeskus ja sen hallitus, huoltovarmuusneuvosto sekä eri toimialojen sektorit ja poolit. Lisäksi yhteistyötä tehdään alueellisten toimijoiden, kuten aluehallintovirastojen, kuntien ja kaupunkien sekä alueellisten toimikuntien kanssa.

Julkaisija: Huoltovarmuuskeskus
Laatinut: Ulkopoliittinen instituutti
Kansikuva: Colourbox
Taitto: LM Someco Oy
Julkaisuvuosi: 2024
ISBN: 978-952-7470-36-7

Sisältö

Esipuhe	1
Tiivistelmä	2
1 Johdanto	4
2 Ilmastonmuutoksen vaikutusten jäsentäminen	6
3 Toimialakohtaisia vaikutuksia	7
3.1 Elintarvikehuolto	7
3.2 Energiahuolto	12
3.3 Finanssiala ja talous	16
3.4 Logistiikka	19
3.5 Teollisuus	22
3.6 Terveysthuolto	25
Lähteet	27

Esipuhe

Ilmastonmuutos ja Suomen huoltovarmuus (ILHU) -tutkimushankkeen tavoitteena on selvittää ilmastonmuutoksen ja sen hillinnän vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen sekä keinoja niihin varautumiseksi. Hankkeen fokuksessa ovat erityisesti Suomen rajojen ulkopuolelta Suomeen kohdistuvat ketjuuntuvat vaikutukset sekä ilmastonmuutoksen hillinnän osaltaan aiheuttamat siirtymävaikutukset.

Hankkeen toteuttaa kokonaisuudessaan Ulkopoliittinen instituutti (UPI). Huoltovarmuuskeskus (HVK) toimii projektin päärahoittajana ja osallistuu tiiviisti sen ohjaukseen. Tutkimushanke toteutetaan vuosina 2023–2026.

Hanke on nyt edennyt vuoden ajan, ja ensimmäinen tilannekuvapaperi *Ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia huoltovarmuudelle* on tuotettu. Kirjallisuuteen perustuva tilannekuvapaperi antaa ensimmäisen tilannekuvan huoltovarmuuskriittisten toimialojen kohtaamista ilmastonmuutoksen vaikutuksista.

Helsingissä 17.12.2024

Emma Hakala

johtava tutkija
Ulkopoliittinen instituutti

Tapio Tourula

johtava varautumisasiantuntija
Huoltovarmuuskeskus

Tiivistelmä

Tässä raportissa käsitellään ilmastomuutoksen ketjuuntuvia vaikutuksia ja siirtymävaikutuksia Suomen huoltovarmuudelle tutkimuskirjallisuuden ja selvitysten perusteella. Tarkastelu keskittyy globaaleihin vaikutusketjuihin, joita ilmastomuutos voi aiheuttaa ja joilla on seurauksia Suomelle. Ilmastomuutoksen huoltovarmuusvaikutukset voivat olla merkittäviä erityisesti Suomen kaltaisessa avoimessa ja ulkomaankaupasta riippuvaisessa maassa. Hyvin suunniteltu, johdonmukainen ja tehokas ilmastopolitiikka on paras tapa lieventää ilmastomuutokseen liittyviä turvallisuushukia.

Ilmastomuutoksella on laaja-alaisia turvallisuusvaikutuksia valtioiden, yhteisöjen ja kansalaisten näkökulmasta. Näitä vaikutuksia voivat olla esimerkiksi ruoantuotannon heikentyminen, vesipulan lisääntyminen, sään ääri-ilmiöt, lisääntynyt siirtolaisuus ja logistiset häiriöt. Ilmastomuutoksen hillintä vaikuttaa myös kauppa- ja turvallisuuspolitiikan muutoksiin esimerkiksi uusien resurssitarpeiden myötä. Siirtyminen vähäpäästöiseen energiantuotantoon ja kestävään talouteen voi muuttaa raaka-aineiden kustannuksia ja toimitusreittejä.

Suomessa turvallisuushukin varautuminen perustuu kokonaisturvallisuuden malliin, jonka lähtökohtana on laaja-alainen yhteistyö eri toimijoiden välillä. Lähtökohtaisesti se on hyvä perusta ilmastomuutokseen varautumiseen. Kokonaisturvallisuus kuitenkin painottuu pääosin äkillisiin ja lyhytkestoisin häiriöihin sekä normaali- ja poikkeusolojen erotteluun. Erityisesti huoltovarmuuden määritelmässä korostuu varautuminen vakaviin häiriöihin ja poikkeusoloihin. Lyhytaikaisia poikkeusoloja painottava näkökulma ei välttämättä kuitenkaan ole kaikilta osin riittävää ilmastomuutoksen ketjuuntuviin ja etenkin siirtymävaikutuksiin varautumiseen.

Kansainvälisen kirjallisuuden perusteella ilmastomuutos ja sen hillintä aiheuttavat huoltovarmuuteen laajoja vaikutuksia, joita tässä raportissa on tarkasteltu erityisesti Suomen näkökulmasta. Vaikka vaikutukset kohdistuvat usein läpileikkaavasti yhteiskunnan eri aloille, on niitä hyödyllistä jäsentää alakohtaisella tarkastelulla.

Suomen **elintarvikehuoltoon** kohdistuu monia ketjuuntuvia ympäristövaikutuksia. Sään ääri-ilmiöt, kuten kuivuus ja tulvat, voivat vaikuttaa Suomeen tuotavien viljelykasvien satomääriin sekä ruoantuotannon tärkeiden tuotantopanosten saatavuuteen ja hintaan. Tuontiriippuvuutta liittyy esimerkiksi joihinkin kylvösiemeniin, lannoitteisiin ja niiden raaka-aineisiin, rehukomponentteihin sekä kasvinsuojeluaineisiin. Lisäksi ilmastoneutraaleihin ja ympäristöä vähemmän kuormittaviin käytäntöihin siirtyminen vaikuttaa ruoantuotannon edellytyksiin Suomessa. Globaalin ruokaturvan heikkeneminen voi johtaa lisääntyviin geopolittisiin jännitteisiin ja häiriöihin ruoan maailmanmarkkinoilla.

Ilmastomuutos vaikuttaa merkittävästi **energia-sektoriin**. Energiasiirtymän myötä sähkön siirto- ja jakeluverkkojen luotettavuus ja sähkötehon riittävyys ja sähköjärjestelmän jousto nousevat tärkeämmiksi kuin perinteinen fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuva valtion varmuusvarastointi. Esimerkiksi lisääntyvä tuulivoima ja aurinkoenergia vaativat rinnalleen keinoja tasata sähkön tuotantoa ja kulutusta muun muassa energiavarastojen ja kulutusjoustopuulla. Huoltovarmuuden turvaaminen vihreän siirtymän kontekstissa edellyttää erityisesti teollisuuden ja energia-alan jaettua tilannekuvaa ja keskinäistä koordinaatiota. Lisäksi energiasiirtymä muuttaa kansainvälisiä voimasuhteita ja voi aiheuttaa geopolittisiä jännitteitä. Energiateknologioihin liittyy myös kriittisiä materiaali- ja komponenttiriippuvuuksia.

Teollisuuden eri aloilla ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat näkyä raaka-aineiden saatavuuden muutoksissa ja hintojen vaihteluna. Esimerkiksi vesipula eri puolilla maailmaa vaikeuttaa eri teollisuudenalojen toimintaa. Lisäksi teollisuusyritysten on varauduttava energiatehokkuuden parantamiseen ja päästöjen vähentämiseen, jotta ne voivat pysyä kilpailukykyisinä muuttuvassa toimintaympäristössä. Teollisuus- ja kauppapolitiikka tulevat määrittämään sen, miten nopeasti ja hallitusti kestävyys-siirtymää voidaan toteuttaa.

Finanssiala ja talous voivat kohdata ilmastonmuutoksen vaikutuksia muun muassa sään ääri-ilmiöiden aiheuttamien vahinkojen kautta. Vientivetoisena taloutena Suomen tulee varautua globaalin talouden heikentymiseen ilmastonmuutoksen edetessä. Epävarmuus kansainvälisillä rahoitusmarkkinoilla voi vaikuttaa kielteisesti rahoitusmahdollisuuksiin ja investointihalukkuuteen Suomessa. Hillintäpolitiikka ja päästöttömän teknologian kehitys tulevat merkittävästi vaikuttamaan talouden kehityssuuntaan.

Liikenne- ja logistiikka-ala kohtaa ilmastonmuutoksen haasteet erityisesti liikenteen päästöjen vähentämisessä ja infrastruktuurin vahvistamisessa vastauksena muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin ja sään ääri-ilmiöihin. Erityisesti logistiikan solmukohdat, kuten keskeisimmät satamat tai kanavat, ovat alttiita häiriöille. Vaihtoehtoisista kuljetusreiteistä, viivästyksistä ja vakuutusmaksujen nousuista voi aiheutua lisäkustannuksia yrityksille sekä vaikutuksia huoltovarmuudelle materiaalien saatavuuden kautta.

Ilmastonmuutos voi lisätä erilaisten lääkkeiden ja **terveydenhuollossa** käytettävien välineiden ja materiaalien tuotantoketjujen häiriöitä. Ilmastonmuutos heikentää ihmisten terveyttä laajoilla alueilla muun muassa äärimmäisten helleaaltojen muodossa, mikä voi lisätä globaalia muuttoliikettä. Osa ilmastonmuutoksen lisäämästä muuttoliikkeestä voi kohdistua Suomeen.

Kokonaisvaltainen lähestymistapa ja yhteistyö eri julkisten ja yksityisten toimijoiden välillä ovat avainasemassa ilmastonmuutoksen huoltovarmuusvaikutuksiin varautumisessa.

1 Johdanto

Kasvihuonekaasupäästöt jatkavat kasvuaan (Crippa ym. 2023; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2023), ja vuonna 2023 maapallon keskilämpötila pysyi 1,5 astetta lämpimämpänä kokonaisen vuoden ajan esiteolliseen aikaan verrattuna (European Environment Agency [EEA] 2024; Kokkonen & Taussi 2024). Nykyisillä toimilla ilmasto lämpenee noin 3,2 astetta esiteolliseen aikaan verrattuna vuosisadan loppuun mennessä. Noin 3,3–3,6 miljardia ihmistä elää olosuhteissa, jotka ovat erittäin alttiita ilmastomuutoksen vaikutuksille. (IPCC 2023.)

Suomessa ilmasto lämpenee noin 1,6 kertaa nopeammin kuin maailmassa keskimäärin. Vaikka Suomi säilyy elinkelpoisena alueena kaikissa ilmastoskenaarioissa, globaalin ilmastomuutoksen seuraukset heijastuvat väistämättä myös Suomeen. (Mäkelä ym. 2022.) Ilmastomuutoksella on laaja-alaisia turvallisuusvaikutuksia valtioiden, yhteisöjen ja kansalaisten näkökulmasta esimerkiksi ruoantuotannon heikentymisen, vesipulan, sään ääri-ilmiöiden, lisääntyneen siirtolaisuuden ja logististen häiriöiden kautta (Hakala ym. 2021; IPCC 2023). Ilmastomuutoksen hillintä vaikuttaa myös kauppa- ja turvallisuuspolitiikan muutoksiin esimerkiksi uudenlaisten resurssitarpeiden kautta (Hakala ym. 2021).

Suomessa turvallisuushyönteisiin varautuminen perustuu kokonaisturvallisuuden malliin. Varautumisella ”varmistetaan tehtävien mahdollisimman häiriötön hoitaminen ja mahdollisesti tarvittavat tavanomaisesta poikkeavat toimenpiteet häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa” (Sanastokeskus 2017, 15). Uuhiin varautumalla, häiriötilanteiden ja poikkeusolojen hallinnalla ja niistä toipumisella hallitaan kokonaisturvallisuutta eli ylläpidetään yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja (Sanastokeskus 2017). Varautuminen kohdistuu ensisijaisesti äkillisiin ja lyhytkestoisiiin häiriöihin sekä normaali- ja poikkeusolojen selkeään erotteluun. Myös huoltovarmuuden määritelmässä korostuu varautuminen vakaviin häiriöihin ja poikkeusoloihin (Mäkelä ym. 2022): huoltovarmuuden tarkoituksena on turvata väestön toimeentulon, maan talouselämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämättömät taloudelliset toiminnot ja tekniset järjestelmät poikkeusolojen ja niihin verrattavissa olevien vakavien häiriöiden varalta (Sisäministeriö [SM] 2023).

Ympäristöön ja ilmastoon liittyvät uhkat huomioidaan Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa (Valtioneuvosto 2017) suorina vaikutuksina Suomen luonnolle (esim. s. 17), etenkin tulvariskien lisääntymisenä (s. 75) tai ympäristöonnettomuuksina (s. 20). Kansallisessa riskiarviossa (SM 2023) käsitellään ilmastomuutosta toimintaympäristön muutoksena, joka voi vaikuttaa varsinaisten uhkamallien toteutumiseen. Tässä uusimassa riskiarviossa on mainittu suorien riskien lisäksi myös Suomen ulkopuolelta heijastuvat riskit sekä siirtymäriskit. Riskiarvio kuitenkin keskittyy ”kansallisesti merkittäviin, osin äkillisiin häiriötilanteisiin ja uhkamalleihin”, minkä vuoksi kaikkia ilmastomuutoksen aiheuttamia vaikutuksia ei riskiarviossa oteta käsittelyyn (SM 2023, 30). Ilmastomuutokseen liittyvää riski- ja haavoittuvuustarkastelua on myös tehty kansallisessa ilmastomuutokseen sopeutumisen suunnitelmassa (Kansallisen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelman valmisteluryhmä ja sihteeristö 2023).

Viimeaikainen tutkimus (esim. Hukkinen 2022; Kaaronen ym. 2021; Räisänen 2024) kuitenkin painottaa, että olemme siirtyneet kroonisten sosio-ekologisten kriisien aikakaudelle. Siksi huoltovarmuudelle ominainen lyhytaikaisia poikkeusoloja painottava näkökulma ei välttämättä ole kaikilta osin riittävä ilmastomuutoksen ketjuuntuviin ja etenkin siirtymävaikutuksiin vastaisemisessa. Vaikka joitakin ympäristön kannalta kestäviä toimintoja voi olla perusteltua ylläpitää kriisien varalta, ei se välttämättä enää ole mahdollista ja toimitusvarmaa maailmassa, joka pitkälti luopuu esimerkiksi fossiilisista polttoaineista. Huoltovarmuuden turvaaminen pitkällä aikavälillä voi vaatia myös uudenlaisten toimintatapojen harkitsemista.

Jotta tämä raportti antaisi mahdollisimman kattavan kuvan ilmastomuutoksen ja vihreän siirtymän kannalta mahdollisesti olennaisiksi nousevista kysymyksistä, käsittelemme huoltovarmuutta laajasti, ensisijaisesti kroonistuvien ja yhtäaikaisten kriisien näkökulmasta. Tältä osin tarkastelu saattaa ulottua tarkkaan rajatun vakaviin häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin varautumisen ulkopuolelle.

Tarkastelemme ilmastonmuutosta erottamattomana osana niin sanottua globaalia kolmoiskriisiä, joka käsittää lisäksi luontokadon ja saastumisen. Tämä on välttämätöntä, sillä ilmaston lämpeneminen aiheuttaa peruuttamattomia muutoksia monille ekosysteemeille (esim. IPCC 2023). Ilmastonmuutosta ei siten ole kestävää tarkastella ottamatta huomioon laajempaa ympäristön muuttumista. Viimeisimmän tutkimuksen mukaan luontokato aiheuttaa huoltovarmuuden ja kokonaisturvallisuuden kannalta vähintään yhtä suuria riskejä kuin ilmastonmuutos (BIODIFUL 2024; Rüttinger ym. 2022).

Tässä raportissa esitellään ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia vaikutuksia ja siirtymävaikutuksia Suomen huoltovarmuudelle tutkimuskirjallisuuden ja aikaisempien selvitysten perusteella. Tarkoituksena on antaa yleistason tilannekuva globaaleista vaikutusketjuista, joita ilmastonmuutoksen aikaansaamat trendit voivat aiheuttaa ja joilla on seurauksia Suomelle.

2 Ilmastomuutoksen vaikutusten jäsentäminen

Ilmastomuutoksen turvallisuusvaikutusten voidaan hahmottaa jakautuvan **kolmeen eri kategoriaan**: suoriin, ketjuuntuviin ja siirtymävaikutuksiin. Suorat vaikutukset ovat luonnonilmiöiden aiheuttamia välittömiä vahinkoja, jotka kohdistuvat ihmisiin ja infrastruktuuriin. Niitä voivat olla esimerkiksi tulvat tai metsäpalot. Ketjuuntuvissa vaikutuksissa ilmastotekijät yhdistyvät poliittisiin, taloudellisiin ja valtiorajat ylittäviin ilmiöihin. Niistä esimerkkejä ovat muun muassa eri puolella maailmaa koettujen kuivuuksien ja Venäjän hyökkäyssodan yhteisvaikutuksista syntyneet globaalisti koetut ruokakriisit ja luonnonkatastrofien aiheuttamat toimitushäiriöt lääkkeisiin. Siirtymävaikutukset puolestaan liittyvät ilmastomuutoksen hillinnästä ja siihen sopeutumisesta syntyviin seurauksiin. (Hakala ym. 2021.) Niitä ovat esimerkiksi ruoantuotannon häiriintyminen biopolttoaineiden kysynnän kasvaessa sekä voimakkaammin vaihtelevaan tuuli- ja aurinkotuotantoon pohjautuvaan energiajärjestelmään liittyvät toimitushäiriöt.

Ketjuuntuvat ja siirtymävaikutukset koostuvat usein monen osatekijän vuorovaikutuksesta, mikä tekee niiden ennakkoinnista vaikeaa. Siirtymävaikutuksia olisi kuitenkin periaatteessa helpompi torjua, sillä ne liittyvät usein tarkoituksellisiin politiikkatoimiin. Näin ollen osana vaikutustenarviointia olisi mahdollista pyrkiä ennakoimaan ja ennaltaehkäisemään siirtymän epäsuoria vaikutuksia ainakin osittain. Hyvin suunniteltu, johdonmukainen ja tehokas ilmastopolitiikka on paras tapa lieventää ilmastomuutokseen liittyviä turvallisuusuhkia. (Hakala 2023.)

Suomessa on varauduttu ilmastomuutoksen suoriin vaikutuksiin verrattain hyvin (ks. luku 1). Sen sijaan ympäristömuutoksen geopolittiset ja taloudelliset sekä ilmastomuutoksen hillintään liittyvät vaikutukset ovat toistaiseksi olleet puutteellisemmin tunnettuja. (Esim. Erkamo ym. 2021; Hakala ym. 2021; Räisänen ym. 2021; Tuomenvirta ym. 2018.) Suomen kaltaisessa avoimessa ja ulkomaankaupasta riippuvaisessa maassa epäsuorat ilmastomuutoksen vaikutukset saattavat osoittautua merkittävämmiksi kuin suorat ja paikalliset ilmastovaikutukset (esim. Pilli-Sihvola ym. 2018). Häiriöt tärkeiden resurssien tuotantoketjuissa voivat aiheuttaa

globaalia epävakautta, mikä voi puolestaan heikentää Suomen huoltovarmuutta (Hakala ym. 2021). Erityisesti koronapandemia ja Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa ovat lisänneet keskustelua huoltovarmuuden merkityksestä. Myös Petteri Orpon hallitus nostaa hallitusohjelmassaan (Valtioneuvosto 2023) huoltovarmuudesta huolehtimisen yhdeksi tavoitteekseen, erityisesti ruuantuotannon ja energiasektorin osalta.

3 Toimialakohtaisia vaikutuksia

Ilmastomuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia tarkastellaan tässä raportissa kansallisen riskiarvion (SM 2023) nimeämällä huoltovarmuussektoreilla: elintarvikehuollossa, energiahuollossa, finanssialalla, logistiikassa, teollisuudessa ja terveydenhuollossa. Vaikka teksti onkin jaettu eri aloja vastaaviin alalukuihin, ilmastomuutoksen vaikutukset eivät noudata samaa jaottelua, sillä eri alojen toiminta on toisiinsa linkittyntä. Erilaisten seurausten hahmottamisen helpottamiseksi ne on jaettu ketjuuntuviin ja siirtymävaikutuksiin yllä esitetyn jaottelun mukaisesti, mutta myös näiden kategorioiden välillä voi olla päällekkäisyyksiä.

Eri sektoreiden tai alojen linkittyminen toisiinsa voi mahdollistaa sen, että yhdestä järjestelmästä peräisin oleva riski siirtyy muihin järjestelmiin. Esimerkiksi ilmastovaikutukset työntekijöiden terveyteen ja hyvinvointiin voivat vaikuttaa työn tuottavuuteen ja terveydenhuoltojärjestelmän resurssitarpeisiin ja siten laajemmin talouteen. Ilmastovaikutukset ekosysteemeihin puolestaan voivat vaikuttaa negatiivisesti elintarvikkeiden tuotantoon, ihmisten ja eläinten terveyteen, infrastruktuureihin, maankäyttöön ja talouteen. (EEA 2024.)

3.1 Elintarvikehuolto

Aikaisempien tutkimusten mukaan elintarvikeala vaikuttaa olevan yksi ilmastomuutoksen suhteen haavoittuvimmista toimialoista (Berninger ym. 2022; Mäkelä ym. 2022; Työ- ja elinkeinoministeriö [TEM] 2022a). Ympäristössä tapahtuvat muutokset muuttavat Suomen ruoantuotannon edellytyksiä yhdessä useiden eri tekijöiden, kuten energian hinnan, uusien kasvi- ja eläintautien ja raaka-aineiden saatavuuden, kanssa. Elintarvikehuolto kokonaisuudessaan on hyvin riippuvainen muiden kriittisten toimintojen jatkuvuudesta. Näihin toimintoihin kuuluu esimerkiksi raaka-aineiden tuotanto, energian saanti, tietojärjestelmät, maksuliikennejärjestelmät, kotimaiset ja kansainväliset kuljetukset ja vesihuoltopalvelut (Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista 5.12.2018/1048). Häiriöt näissä voivat siten vaikuttaa myös elintarvikehuoltoon. Tässä alaluvussa käsitellään lisäksi veteen liittyviä haasteita.

Ketjuuntuvia vaikutuksia:

Suomi on riippuvainen kansainvälisestä kaupasta monien **tuotantopanosten ja raaka-aineiden** kohdalla (Mäkelä ym. 2022; Jansik ym. 2021). Tärkeimpiä tuotavia tuotantopanoksia ovat polttoaineet, lannoitteet ja niiden raaka-aineet, kasvinsuojeluaineet ja rehukomponentit (esim. täydennysvalkuainen) (TEM 2022a). Ne ovat alttiita tuotantohäiriöille, hintojen vaihteluille ja maiden asettamille vientirajoituksille. Elintarvikehuollon toimivuuteen vaikuttaa lisäksi esimerkiksi kausityövoiman, polttonesteiden, maakaasun, kylvösiementen, kasvinsuojeluaineiden, kasvualustojen, elintarvikkeiden pakkausmateriaalien, maatalouslaitteiden varaosien, eläinlääkkeiden ja suojavarusteiden saataavuus (ks. TEM 2022a; Jansik ym. 2021).

Globaalin ruuantuotannon sanotaan usein olevan menestystarina. Sen tehokkuus ja kytkeytyneisyys kuitenkin altistavat sen erilaisille kriisiytymisille. Kriisiytymisten vaikutukset tuntuvat eniten tuonnista riippuvaisissa ja/tai köyhissä maissa. Useimpien maiden omavaraisuus ruokaan liittyen on alhainen. Nykyinen globaali ruokajärjestelmä perustuu suuriin tuotantomääriin ja standardisoituun tuotantoon, suurten ylikansallisten yritysten toimintaan, muutamiin avainlajikkeisiin ja -raaka-aineisiin, yhtenäistyneisiin kulutustottumuksiin, globaaleihin kuljetusketjuihin ja intensiiviseen energian ja resurssien käyttöön. (Lähde ym. 2023.)

Ilmastomuutoksen suorien vaikutusten mittakavasta edellä kuvailtuun globaaliin ruokajärjestelmään kertoo se, että mikäli ilmastomuutosta ei hillitäisi, se voisi sysätä kolmasosan ruoantuotantoon (viljelyyn ja laidunmaihin) käytettävästä alueesta turvallisen ilmastoalueen ulkopuolelle vuosisadan loppuun mennessä (ks. Kummu ym. 2021; myös Hildén ym. 2016). Tämä tarkoittaisi merkittävää tuotantomahdollisuuksien kaventumista myös Euroopassa. Tällaiseen kehityskulkuun voi liittyä globaalin ruoantuotannon uudelleenjärjestelyä aikaisempaa solidaarisemmin (ks. esim. Lehikoinen ym. 2019; Winland 2019). Joka tapauksessa odotettavissa on laajoja globaaleja vaikutuksia ruoantuotantoon, ja ne todennäköisesti jakaantuvat jo olemassa olevaa epätasa-arvoa pahentaen (Hasegawa ym. 2021; Langenbrunner 2021; myös Dorninger ym. 2021). Haavoittuvaisia ruokajärjestelmiä ei voida vahvistaa kaikkien omavaraisuutta kasvattamalla, sillä kytkeytyneisyys myös auttaa ehkäisemään nälänhätää. Globaalin ruoantuotannon vahvistaminen edellyttäisi sen muokkaamista ainakin siten, ettei se olisi niin riippuvainen muutamien avainkohtien toiminnasta.

Globaalin ruokaturvan heikkeneminen voi johtaa lisääntyviin **geopoliittisiin jännitteisiin ja häiriöihin ruoan maailmanmarkkinoilla** esimerkiksi vientikieltojen vuoksi (esim. Hildén ym. 2020; Zhou ym. 2020). Globaalista ruoantuotannosta on jo tullut geopolitiikan yksi areena, kun esimerkiksi Venäjä on vaikeuttanut viljan vientiä Ukrainasta (esim. Ortamo 2023). Myös Euroopan talouskehityksen voidaan laajemmin ajatella koskettavan Suomen ruoantuotannon edellytyksiä (Hakala ym. 2021). Kokonaisuudessaan Euroopan ruoantuotanto on altis erilaisille riskeille, joiden painotus vaihtelee maantieteellisesti. Esimerkiksi eteläinen Eurooppa on alttiimpi suorille ilmasto- ja ympäristövaikutuksille, kun taas itäinen Eurooppa on herkempi toimitusketjujen häiriöille (Bertolozzi-Caredio ym. 2023).

Euroopan ruoantuotanto on globalisoituneessa maailmassa yhä enemmän altis **maailmanmarkkinoiden häiriöille** (Bertolozzi-Caredio ym. 2023; Thorsøe ym. 2020). Berninger ym. (2022) haastattelemien asiantuntijoiden mukaan Pohjoismaat ovat hyvin pieniä toimijoita maailmanmarkkinoilla. Sen sijaan suurten toimijoiden kuten Kiinan harjoittama tuonti ja vienti vaikuttavat markkinoihin voimakkaasti. Mikäli Kiinan oma ruoantuotanto vähenee ilmastomuutoksen myötä, sen lisääntynyt tarve ostaa ruokaa voi aiheuttaa paineita etenkin pienemmille toimijoille maailmanmarkkinoilla. (Berninger ym. 2022; myös Bertolozzi-Caredio ym. 2023; Rinne ym. 2021.) Kiina pyrkii myös turvaamaan ruoantuotantoaan lisäämällä maatalous- ja infrastruktuurihankkeita esimerkiksi Afrikassa ja kannustamalla yrityksiään toimimaan globaalisti (Dong ym. 2024; myös GRAIN 2024; NATO 2024). Tämä voi vaikuttaa kohdemaiden omaan ruokaturvaan.

Toisaalta Hildén ym. (2016) arvelevat, että **maataloustuotteiden hintojen kohoaminen** voisi parantaa suomalaisten maatilojen kannattavuutta. Perrelesin ym. (2022) mukaan maatalouden tuotanto voi kasvaa Suomessa, jos sen suhteellinen asema muuttuu maailmanmarkkinoilla. Samaan aikaan tuontiruoan laatu voi heikentyä, sillä elintarvikepetokset ja -väärennökset saattavat yleistyä, kun tietyistä raaka-aineista tulee pulaa (Deloitte 2020; Ruokavirasto 2021). Tällaista on nähty hiljattain esimerkiksi oliiviöljyn suhteen (esim. Saure 2023).

Ruoantuotanto heikkenee monella alueella, mukaan lukien Euroopassa, jo nyt ilmastomuutoksen vuoksi (EEA 2019a; 2024; myös Bertolozzi-Caredio ym. 2023; Horton 2022; Saure 2023). Globaalin ruokaturvan kannalta tärkeät viljasadot voivat pienentyä (esim. Adams ym. 2021; Pequeno ym. 2021; Rossi ym. 2023; Zhao ym. 2017), ja erityisesti riisin, maissin, sokeriruohon, soijan, kahvin ja erilaisten trooppisten hedel-

mien satojen on arveltu heikentyvän (ks. Adams ym. 2021; Berninger ym. 2022). Näin ollen myös Suomeen **tuotavien erilaisten viljelykasvien satomäärät** voivat pienentyä. Suomeen tuodaan enenevässä määrin muun muassa vihanneksia, hedelmiä, pähkinöitä, sokeria, kahvia, teetä ja mausteita (Hildén ym. 2016). Kaikki kaupalliset rehutuotteet sisältävät joitain tuontiraaka-aineita (aminohappoja, vitamiineja), joiden valmistus on usein vain muutaman valmistajan ja tehtaan varassa (Rinne ym. 2021). Lisäksi joissain tuontivalkuaisissa Suomi on jopa 100 % riippuvainen ilmastomuutokselle herkistä maista (Mäkelä ym. 2022). Tuontiriippuvuutta on erityisesti eläinten peruserhuun lisättävissä valkuaistäydennysrehuissa, kuten soija- ja rapsipohjaisissa tuotteissa (Rinne ym. 2021). Rehuteollisuuden riippuvuutta tuontisoijasta voitaisiin vähentää lisäämällä herneen, härkäpavun, rypsin ja rapsin tuotantoa Suomessa (ks. Ruokavirasto 2021; Kaukovirta-Norja ym. 2015; Rinne ym. 2021).

Kasvintuotanto edellyttää **siementen** saantia. Kilomääräisesti tarkasteltuna suurin osa kylvösiemenistä tuotetaan Suomessa, mutta joidenkin kasvilajien kohdalla käytetään myös tuontisiemeniä. Viljojen siemenet ovat pääosin kotimaisia, kun taas monen erikoiskasvin, kuten sokerijuurikkaan, rapsin ja herneiden sekä monen vihanneskasvin, viljelyyn käytetään vaihtelevin osuuksin tuontisiemeniä. (Ks. Keskitalo 2021.)

Suomessa varmuusvarastoidaan jonkin verran siemenviljaa ja hieman nurmi- ja rehukasvien siemeniä (Keskitalo 2021), mutta ei esimerkiksi sokerijuurikasta tai vihanneskasvien siemeniä (Ruokavirasto 2021). Sään ääri-ilmiöt lähtömaissa voivat siis vaikuttaa joidenkin lajikkeiden kohdalla siementen saatavuuteen Suomessa (esim. hybridiruis), tai esimerkiksi vaikeat jääolot voivat viivästyttää siementen (kuten myös mukuloiden ja taimien) kuljetuksia Suomeen. Siementen toimittajien ja jalostajien voimakas keskittyminen on yleisesti riskitekijä myös ilmastomuutoksen edetessä. Erikoiskasvien Suomen olosuhteisiin soveltuvista siemenistä voi tulla niukkuutta, sillä ne ovat eurooppalaisissa siemeniä tuottavissa yrityksissä marginaalisia. (Keskitalo 2021.)

Suomen oma **lannoitetuotanto** sekä ylikansalliset lannoitemarkkinat vaikuttavat epäorgaanisten lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden huoltovarmuuteen. Tärkein kasviravinne on typpilannoite, jonka primäärraaka-ainetta eli ammoniakkia ei tuoteta Suomessa. Vaikka Suomessa ei ole omaa ammoniakkituotantoa, valmistetaan täällä typpilannoitteita ja muita lannoite- tuotteita merkittäviä määriä, myös vientiin. (Järvenranta ym. 2022; Niskanen 2021.) Suomen lannoiteteollisuuden Venäjä-riippuvuus on tunnistettu uhkaksi huoltovarmuudelle: ammoniakkia ja valmiita typpilannoitteita on tuotu pääosin Venäjältä (Järvenranta ym.

2022), kuten myös kaliumia (Niskanen 2021). Jo ennen Venäjän aloittamaa hyökkäyssotaa, mutta myös sen jälkeen, on raportoitu lannoitteiden hinnan noususta (ks. Hiilamo 2022a). Ammoniakin tuottajia on globaalilla tasolla paljon, mikä lienee helpottanut vaihtoehtojen tuotantokanavien hyödyntämistä, mutta kaliumin tuottajia on globaalisti vain vähän (ks. Niskanen 2021). Edelleen vuoden 2023 lopussa Suomen itärajan sulkeminen on uhannut vaikuttaa lannoitetuotantoon (Ritvanen 2023).

Typpilannoitustarpeen vähentäminen (esim. palkokasvien viljelyllä) sekä lannan ja orgaanisperäisten **kierrätyslannoitteiden** käytön avulla on mahdollista parantaa huoltovarmuutta (Järvenranta ym. 2022; myös Niskanen 2021). Toistaiseksi teollisuuden sivuvirtojen, kuten ravinteiden, kierrättäminen ja hyödyntäminen maataloudessa ei ole taloudellisesti kannattavaa, joten ne päätyvät pääasiassa jätteeksi ja poltettavaksi. Venäjän hyökkäyssodan aiheuttama lannoitteiden hinnan nousu on parantanut kierrätyksen taloudellista kannattavuutta jonkin verran. Kierrätyksen helpottaminen huoltovarmuutta ja ekologista kestävyyttä merkittävästi hyödyttävälle tasolle edellyttäisi kuitenkin lisätoimia esimerkiksi saatavuuden parantamiseksi. (Kaipainen 2022.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa maan lisäksi **merten** terveyteen, kuten myös yhtäaikaisesti ylikalastus, elinympäristöjen tuhoutuminen ja merten happamoituminen (Copernicus 2023; Hildén ym. 2016; Smith ym. 2023). Näillä on negatiivisia vaikutuksia kalastukseen ja globaaleihin kalamarkkinoihin (ks. esim. IPCC 2023), joiden osana Suomi on: esimerkiksi El Niño -ilmiöön (jota ilmastonmuutos voimistaa [Imperial College London, 2024]) yhdistetyt alkuvuoden 2016 lohituotannon menetykset Chilessä vaikuttivat lohen ja kirjolohen hintaan Suomessa (Hildén ym. 2016). Myös Itämeren silakkakannat ovat laskeneet viimeisten vuosikymmenten aikana ilmastonmuutoksen vuoksi (Polte ym. 2021; myös International Council for the Exploration of the Sea [ICES] 2021). Euroopan kalatalouden on kokonaisuudessaan arvioitu kärsivän merten lämpenemisestä ja happamoitumisesta (ks. Bertolozzi-Caredio ym. 2023; European Parliamentary Research Service 2022).

Ilmastonmuutos aiheuttaa **vesihuollon ongelmia** ympäri maailmaa. Noin puolen maailman väestöstä on arveltu kärsivän ajoittaisesta vesipulasta (IPCC 2023), josta seuraa suoraan juomaveden puutetta ja välillisesti esimerkiksi vaikeuksia maatalouden, energiasektorin, jokiliikenteen ja ekosysteemien toiminnassa (ks. Rossi ym. 2023). Ilmastonmuutos pahentaa puutetta juomavedestä muun muassa kuivuuden, meriveden nousun ja juomaveden saastumisen kautta (Douville ym. 2021). Esimerkiksi maailman väkirikkain alue Aasiassa menettää tärkeän juomaveden lähteensä Himalajan

jäätikön sulaessa (Bates ym. 2008). Euroopassa ilmastomuutoksen edetessä kuivuusriski kohdistuu erityisesti eteläiseen Eurooppaan (EEA 2024), mutta ääri-ilmiöiden lisääntyessä myös pohjoisempana tullaan kärsimään ajoittaisesta kuivuudesta, vaikka keskimäärin olosuhteet muuttuvatkin Pohjois-Euroopassa sateisemmiksi (Rossi ym. 2023).

Suomalaisten kulutuksen vesijalanjäljestä puolet suuntautuu Suomen rajojen ulkopuolelle, josta edelleen neljännes kohdistuu **veden niukkuudesta** kärsiville alueille. Eniten vettä kuluttavat maa- ja metsätalous, energiantuotanto ja eri teollisuudet alat, kuten kaivannais-, tekstiili-, lääke-, muovi- ja kemianteollisuus. (Maa- ja metsätalousministeriö [MMM] ym. 2023.) On siis mahdollista, että pitkät kuivuusjaksot vaikuttavat joidenkin tuotteiden tai raaka-aineiden tuotantoon vesipulasta kärsivillä alueilla ja sitä kautta myös niiden tuontiin Suomeen. Suomen vesihuollossa tulisi puolestaan varautua siihen, että ilmastomuutoksen myötä kriittisten vesikemikaalien sekä tarvikkeiden ja varaosien saannissa voi olla ajoittain häiriöitä.

Kasvinsuojeluaineisiin liittyy sekä ketjuuntuvia että siirtymävaikutuksia. Kasvinsuojeluaineista (rikkakasvien, kasvitautilien ja tuhohyönteisten torjunta-aineet sekä kasvunsäätteet) 100 % tuodaan Suomeen ulkomailta. Vaikka suurin osa Euroopassa käytetyistä kasvinsuojeluaineista myös valmistetaan Euroopassa, on maailman kemianteollisuus kokonaisuudessaan hyvin keskittynyttä. Tuotanto keskittyy esimerkiksi Kiinaan, jossa on ympäristösyistä suljettu merkittävä määrä tehtaita, mikä on puolestaan vaikuttanut joidenkin tehoaineiden raaka-aineiden saatavuuteen globaalisti. Tällaisten ympäristönsuojeluun liittyvien siirtymävaikutusten lisäksi häiriöt logistiikassa voivat vaikuttaa kasvinsuojeluaineiden saatavuuteen. Myös EU:n lainsäädäntö kasvinsuojeluaineisiin liittyen voi muuttua, mikä vaikuttaa merkittävästi satomääriin ja laatuun esimerkiksi perunan, marjojen ja öljykasvien kohdalla. EU:n sääntelyn muutokset tuovat epävarmuutta uusien kasvinsuojeluaineiden kehittäviin yhtiöiden investointipäätöksiin, mikä voi uhata ruoka-huollon toimintaa pitkällä aikavälillä. (Jansik 2021.)

Ilmastonmuutoksen ja lajikadon eteneminen lisää kasvi- ja eläintauteja, joiden käsittelyyn tarvitaan **osaavaa työvoimaa**. Lisäksi viljelyolosuhteiden muutokset kasvattavat erityisosaamisen tarvetta esimerkiksi mykotoksiineihin liittyen. (Ruokavirasto 2021). Työvoiman riittävyys laajemminkin elintarvikealalla on kriittistä huoltovarmuuden kannalta. Moni maa Euroopassa kärsii työvoimapulasta esimerkiksi maataloussektorilla (Schuh ym. 2019; ks. myös Bertolozzi-Caredio ym. 2023).

Hiljattain julkaistuissa tutkimuksissa on varoitettu, että ilmastonmuutos voi johtaa **Atlantin valtameren virtausjärjestelmän heikentymiseen** jo odotettua aikaisemmin, eli esimerkiksi tämän vuosisadan puolivälissä (Ditlevsen & Ditlevsen 2023; ks. myös van Westen ym. 2024). Tämä heikentäisi puolestaan Eurooppaa lämmittävää Golf-virtaa, jolloin Suomen keskilämpötila laskisi alle Utsjoen nykyiseen keskilämpötilaan (Haapkyä 2023; Osipova 2024). Samalla Sahelin alueesta tulisi entistä lämpimämpi ja kuivempi, Aasian monsuunisateet muuttuisivat ja sään ääri-ilmiöt lisääntyisivät. Luonnon sopeutumiskyky tällaiseen nopeaan muutokseen on varsin huono. (Haapkyä 2023; van Westen ym. 2024; myös Merikanto ym. 2024.) Toisaalta on erittäin vaikea arvioida, miten samanaikainen ilmaston lämpeneminen ja mahdolliset merivirtojen muutokset vaikuttaisivat eri alueilla, eli asiaan liittyy edelleen suurta epävarmuutta (Lähde 2024). Ei voida kuitenkaan poissulkea sitä mahdollisuutta, että ruoantuotannon edellytykset muuttuisivat laajoilla alueilla.

Siirtymävaikutuksia:

Sekä kansallisen että EU-tason **siirtymäpolitiikka** voi muuttaa tuotantoedellytyksiä maatalous- ja elintarvikealalla. Ruoantuotantoon kuluu 26 % Euroopan vuotuisesta energiantarpeesta ja kolmasosa siitä menee maanviljelyyn (European Parliamentary Research Service 2021). Pohjoismaita käsittelevässä tutkimuksessa (Berninger ym. 2022) haastatellut asiantuntijat kuvaavat, että ilmastoneutraaleihin käytäntöihin siirtyminen maanviljelyssä vaikuttaa tuotantoon, kuljetukseen, prosessointiin ja varastointiin. Esimerkiksi ympäristöä ja eläintenhoitoa koskevien säädösten kohentuminen, EU:n elintarviketurvallisuutta koskevat määräykset sekä kohonnut polttoaineen ja rehun kustannukset vaikeuttavat maanviljelyn kannattavuuden ylläpitämistä. Kannattamattomuus vähentää puolestaan investointeja sopeutumisen edistämiseksi. (Berninger ym. 2022.)

Viljelijöiden toimintaan kohdistuu EU:n tasolla **sääntelyä, joka ylläpitää ruokajärjestelmän kestävyysongelmia** esimerkiksi kannustamalla tilakoon kasvatamiseen, erikoistumiseen ja tuotannon tehostamiseen (ks. Kuhmonen 2023). Monessa Euroopan maassa maanviljelijät ovat protestoineet sellaista ilmastonmuutoksen ja luontokadon hillintään liittyvää politiikkaa, jonka koetaan vaikeuttavan heidän ammatinharjoittamistaan, vastaan (Dwyer 2024). Suomessa jotkin sidosryhmät ovat lobanneet esimerkiksi EU:n ennallistamisasetusta vastaan, vaikka pidemmällä aikavälillä maaperän kunnon heikkeneminen, vesistöjen saastuminen ja esimerkiksi pölyttäjäkantojen kutistuminen uhkaavat myös elintarvikealan toimintaa (ks. Pihlaja-

niemi 2023). Muuttuva elintarvikkeiden pakkauksiin liittyvä sääntely nähdään Euroopan elintarvikesektorilla epävarmuutta aiheuttavana tekijänä, mutta toisaalta kestävyystavoitteissa epäonnistumisen nähdään myös heikentävän yritysten markkinaosuutta ja tuottavuutta. Lisäksi pakkaussektori on hyvin riippuvainen Euroopan ulkopuolisista materiaaleista, joiden saatavuuteen geopoliittiset jännitteet ja kauppapolitiikka voivat vaikuttaa. (Bertolozzi-Caredio ym. 2023.)

Jos globaali lihankulutus ja tuotanto jatkavat kasvamistaan, voi tuontirehuja olla vaikeampi saada maailmanmarkkinoilta (Berninger ym. 2022). Maailman suosituimman rehukasvin eli soijan (Berninger ym. 2022) laajamittainen viljely etenkin sademetsäalueilla on uhka luonnon monimuotoisuudelle (Vasconcelos ym. 2019). EU:n kulutus aiheuttaa noin 10 prosenttia **maailmanlaajuisesta metsäkadosta** (Euroopan parlamentti 2022a), ja siksi tekeillä on uutta lainsäädäntöä, joka vaatisi yrityksiä arvioimaan metsäkadon riskit tuotantoketjuissaan ennen tuotteidensa myymistä EU:n alueella (Euroopan parlamentti 2022b). Tämä voi vaikuttaa eri tuotteiden ja raaka-aineiden saantiin. Lisäksi metsäalueiden laaja käyttäminen bioenergian tuotantoon voi heikentää ruokaturvaa joillain alueilla (Zhou ym. 2020). Hildén ym. (2016) varoittavat, että bioenergian tuotanto voi vaikuttaa maataloustuotteiden hintakehitykseen, jos bioenergia ja maatalous kilpailevat enenevässä määrin samasta maatalousmaasta (ks. myös EEA 2019b). Globaalisti niin sanotut ”vihreät maakaappaukset” näyttävät lisääntyneen. Tällä viitataan tilanteeseen, jossa hallitukset ja suuryritykset anastavat maatalousmaata ja syrjäyttävät paikallisia maankäyttäjiä ja ruoantuottajia vetoamalla esimerkiksi vihreän energian tuotantoon tai hiilidioksidipäästöjen kompensointiin (International Panel of Experts on Sustainable Food Systems [IPES-Food] 2024).

Suomi on jotakuinkin omavarainen maidon ja lihan suhteen (Luonnonvarakeskus [Luke] 2023b). Tuotantoon tarvitaan kuitenkin erilaisia tuontipanoja, kuten lannoitteita, täydennysvalkuaista ja polttoaineita. Suomen proteiiniomavaraisuuden rakentaminen **eläinproteiinien** varaan on ongelmallista ilmaston ja ympäristön näkökulmasta, jolloin siirtyminen kasviproteiineja painottavaan ruokavalioon voisi olla huoltovarmuudenkin kannalta pitkällä aikavälillä kannattavaa. Lihan ja maitotuotteiden kulutuksen vähentämisellä on merkittävä rooli päästö- ja ympäristönsuojelutavoitteisiin pääsemisessä (Springmann ym. 2018). Pelkästään nykyisen ruoantuotannon globaalit ilmastopäästöt, jotka johtuvat suurimmaksi osaksi lihan, maitotuotteiden ja riisin viljelystä, riittävät lämmittämään ilmastoa 0,7 astetta vuosisadan loppuun mennessä (Ivanovich ym. 2023).

Lisäksi esimerkiksi maankäyttöä tarkastelemalla havaitaan, että tehotuotetun broilerin syöminen aiheuttaa merkittäviä **luontokatovaikutuksia** suomalaisessa ruokavaliossa, koska broilereille syötetään tuontisoijaa, jonka viljelyllä on negatiivisia monimuotoisuusvaikutuksia (Kytä ym. 2023). Suomessa kulutetusta viljasta yli puolet menee eläinten rehuksi (Luke 2023c). Eläinten rehun tuottamiseen tarvittava peltopinta-ala on pois elintarvikkeiksi käytettävien viljelykasvien mahdollisesta pinta-alasta, ja se heikentää luonnon monimuotoisuutta sekä lisää maatalouden päästöjä (Lehikoinen ym. 2023). Eläintuotannon monimuotoisuushaittoja voitaisiin Suomessa lieventää esimerkiksi niin, että tuotannon kokonaismäärää pienennetään ja laiduntavien eläinten osuutta kasvatetaan, sillä perinnebiotoopeilla ja muilla luonnonlaitumilla laiduntaminen edistäisi maatalousmaisemien monipuolisuutta (ks. Rytteri ym. 2024). Erään tutkimuksen mukaan suomalaista lihaa voisi riittää myös vientiin niille alueille, joilla on pulaa vedestä ja maa-alasta, jos suomalaiset noudattaisivat ravitsemussuosituksia eli söisivät nykyistä vähemmän lihaa (Lehikoinen ym. 2019).

Yleisesti kaikissa huoltovarmuustoimissa, kuten vaihtoehtoisten tuotteiden etsinnässä, tulisi huomioida se, mitä **ympäristövaikutuksia** niiden mukana **ulkoistetaan**, eli millaisia mahdollisia haittoja ne aiheuttavat paikallisesti tuotantoalueilla. Esimerkiksi EU:n kuluttaman soijan negatiiviset ympäristövaikutukset on ulkoistettu muun muassa Argentiinaan, mikä haittaa maan kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamista (Hoff ym. 2019). Haittojen siirtyminen ulkomaille ei ole kestävää ekologisesti, taloudellisesti tai kansallisen huoltovarmuuden kannalta tarkasteltuna, sillä haitat muuttuvat helposti riskeiksi tuotanto- tai toimitusvarmuudelle. Esimerkiksi tuotannon seurauksena aiheutuva laajamittainen saastuminen tai maaperän köyhtyminen voi tuhota varsinkin ruoantuotannon edellytyksiä pitkällä tähtäimellä.

Suomen elintarvikehuollolle keskeisimpiä vaikutuksia:

Ketjuuntuvat vaikutukset

- Ilmastonmuutos heikentää globaalisti ruoantuotannon edellytyksiä, muuttaa ruoantuotantoon liittyvää vastuunjakoja ja saattaa aiheuttaa hintojen nousua ja toimitushäiriöitä.
- Ruoan maailmanmarkkinat ja geopolitiikka kietoutuvat yhteen niin, että tuonnista riippuvaisten maiden ruokaturva voi heikentyä, kuten Venäjän hyökkäyssodan vaikutukset viljamarkkinoihin ovat osoittaneet.
- Joidenkin tuotteiden, kuten kahvin tai suklaan, tuotanto voi romahtaa.
- Myös Euroopan sisällä kuivuudet yleistyvät ja esimerkiksi Etelä-Euroopasta tuotavien vihannesten saatavuus kärsii.
- Lisääntyvä globaali vesipula vaikeuttaa tuontituotteiden tuotantoa.
- Suomen omavaraisuus tuotannossa on hyvällä tasolla, mutta tuotantopanosten suhteen kriittisiä riippuvuuksia on etenkin joidenkin kylvösiementen, lannoitteiden raaka-aineiden, täydennysvalkuaisten ja kasvinsuojeluaineiden kohdalla. Niiden tuotanto- ja toimitushäiriöt voivat heikentää tuotantoedellytyksiä Suomessa merkittävästi.
- Ilmastojärjestelmän keikahduspisteiden ylittäminen voi aiheuttaa radikaaleja muutoksia Euroopan ilmastoon ja ekosysteemeihin, muuttaen ruoantuotannon edellytyksiä.

Siirtymävaikutukset

- Kansainvälinen ja etenkin EU:n sisäinen sääntely voi vaikuttaa merkittävästi tuotannon edellytyksiin Suomessa. Esimerkiksi suunniteltu ennallistamisasetus vaikuttaa maankäyttöön.
- Vaikka asetuksista käydään tällä hetkellä poliittista kiistelyä ja niiden lopullisista muotoiluista ei ole varmuutta, pitkällä aikavälillä mennään hyvin todennäköisesti kohti tiukempaa sääntelyä, sillä yhä tarkentuva tieto ympäristön tilasta edellyttää toimenpiteitä.
- Energiasiirtymä ja sen myötä kasvava biopolttoaineiden käyttö voi globaalisti vähentää ruoantuotantoon käytettyä maa-alaa, mikä voi puolestaan vaikuttaa ruoan saatavuuteen ja hintoihin.
- Proteiiniomavaraisuuden rakentaminen eläinproteiinien varaan on ongelmallista ilmastoon ja ympäristön näkökulmasta.

3.2 Energiahuolto

Suomi on hyvin energiaintensiivinen yhteiskunta. Energian loppukulutus on Suomessa noin 300 TWh, josta sähkön osuus on 30 prosenttia, lämmön osuus noin 10 prosenttia ja suoran polttoainekäytön osuus yli puolet (TEM 2022b). Ilmastolain mukaan Suomen on oltava hiili-neutraali viimeistään vuonna 2035 (Ympäristöministeriö [YM] 2024). Energiahuoltoon kohdistuu siis merkittäviä ilmastomuutoksen hillintään liittyviä siirtymävaikutuksia (esim. Mäkelä ym. 2022; TEM 2022a). Samalla kriittisen energiainfrastruktuurin vaurioituminen esimerkiksi sään ääri-ilmiön vuoksi johtaa usein häiriöihin ja kerrannaisvaikutuksiin muissa yhteiskunnan kriittisissä infrastruktuureissa, millä on puolestaan kauaskantoisia taloudellisia ja sosiaalisia seurauksia (EEA 2019b; myös Barquet ym. 2023; Karagiannis ym. 2017).

Koska energiasektorilla siirtymä on niin olennaisessa roolissa, ei tässä osiossa ole erikseen käsitelty ketjuuntuvia vaikutuksia. Aikaisemmassa tutkimuksessa on nostettu esiin joitain ilmastomuutoksen vaikutuksista johtuneita energiatuotannon häiriöitä. Esimerkiksi Euroopassa vuoden 2022 helleaallon aikaan ydinvoimalaitosten tuotantoa jouduttiin rajoittamaan riittävän viilennysveden puutteen vuoksi. Alhainen vedenpinta joissain maissa myös vaikeutti hiilikuljetuksia voimalaitoksiin. Tämä pahensi entisestään Venäjän hyökkäyssodan aikaansaaman energiakriisin vaikutuksia. (Ks. Hakala 2023; myös EEA 2019; Rossi ym. 2023.)

Sään ääri-ilmiöiden aiheuttamat vahingot Euroopan kriittiselle energiainfrastruktuurille tulevat lisääntymään jyrkästi (Forzieri ym. 2018). Merenpinnan nousulla voi puolestaan olla merkittäviä vaikutuksia merituuli-voimaan ja ilman lämpötilan nousu ja myrskyt voivat häiritä sähköverkoja (Lise ja van der Laan 2015). Veden saatavuuden ennustetaan yleisesti lisääntyvän Pohjois-Euroopassa ja vähenevän Etelä-Euroopassa. Nämä muutokset voivat vaikuttaa lämpövoimalaitosten jäähdytysveden saatavuuteen, vesivoima- ja bioenergiapotentiaaliin, polttoaineiden kuljetukseen jokia pitkin ja vedenhankinnan energiantarpeeseen. Vaikka toisaalta esimerkiksi aurinko- ja tuulienergiaan siirtyminen vähentää vedenkulutusta esimerkiksi hiilivoimaloihin verrattuna, voi ilmastomuutoksen eteneminen hankaloittaa biopolttoaineiden ja hiilinielujen kasvattamista, sillä niihin tarvitaan vettä ja viljelysmaata. (EEA 2019b; European Parliamentary Research Service 2022; Rossi ym. 2023.)

Suomessa huoltovarmuusvarastoinnin periaatteita tulee uudelleentarkastella energiasektorin muuttuessa (ks. AFRY 2021). Erityisesti valtion **varmuusvarastointi** on koskenut fossiilisia tuontipolttoaineita. Kun energiaa

tuotetaan polttoon perustuen entistä vähemmän, myös varastoinnin mahdollisuudet ylläpitää huoltovarmuutta heikkenevät. Sen sijaan sähkön siirto- ja jakeluverkkojen luotettavuus, sähkötehon riittävyys ja sähköjärjestelmän jousto nousevat tärkeämmiksi. (TEM 2022a; myös Pöyry 2019; TEM 2022b.) Toisaalta kaasuverkon ja öljynsiirron logistiikkaa tulisi edelleen ylläpitää, mikäli ne säilytetään varapolttoaineina. Uusiutuvat polttoaineet ovat usein varastoitavuudeltaan huonompia öljyyn verrattuna. Yhden vuoden kulutukseen perustuva varastointimäärä ei liene enää toimiva ratkaisu, kun tulevaisuudessa öljyn ja kaasun vuositason käyttö voi vaihdella paljonkin. (AFRY 2021; Pöyry 2019.) Energiasiirtymä vaikuttaa verotuksen kautta myös huoltovarmuusrahaston merkittävimpään tulonlähteeseen eli huoltovarmuusmaksuun, jota peritään fossiilista tuonti-energiahyödykkeistä. Muihin energialähteisiin siirryttäessä tulee nykyisiä rahoituslähteitä korvata muilla. (Ks. TEM 2022a.)

Puupolttoaineilla katetaan yli neljännes energian kokonaiskulutuksesta Suomessa (MMM 2024). Niiden osuus esimerkiksi kaukolämmön energialähteenä on kasvanut vuosittain. Vuonna 2021 se oli 37 prosenttia. (TEM 2022b.) Sekä ilmastomuutoksen että sen hillinnän edetessä erilaisten bioraaka-aineiden saatavuuteen ja käytettävyyteen ei voi suhtautua itsestäänselvyytenä. Esimerkiksi metsän merkitys hiilinieluna sekä luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä on kiistaton ja sen käyttöä energianlähteenä tulisi vähentää. (Kotiaho ym. 2021a; 2021b; Seppälä ym. 2022.) Bioenergian kestävyyskriteerit saattavatkin kiristyä EU-tasolla (TEM 2022b). Toisaalta samaan aikaan teollisuuden vähähiilisyystiekarttojen perusteella kolme keskeistä sektoria, eli metsäteollisuus, energiateollisuus ja kemianteollisuus, edellyttävät huomattavaa biomassojen käytön lisäystä (Majava ym. 2022). Kotimaisen puupolttoaineen saatavuuteen lyhyellä aikavälillä vaikuttaa myös metsäteollisuuden tilanne esimerkiksi suhdanteiden, työtaisteluiden ja sääolosuhteiden kautta (TEM 2022b).

Ulkomaisen biomassan saatavuuteen puolestaan liittyy epävarmuutta, sillä siihen voi kohdistua lisääntyvää kysyntää myös muissa maissa (Pöyry 2019). Sitä ei myöskään toistaiseksi koske varmuusvarastointi, jolloin tuontihäiriöt voivat vaikuttaa energiantuotantoon Suomessa (Wahlström ym. 2019). Myös maailmanpoliittinen tilanne voi heikentää ulkomaisen biomassan saatavuutta. Tämä on näkynyt ennen kaikkea Venäjältä tuodun puun määrän romahduksena vuonna 2022, kun maa aloitti hyökkäyssodan Ukrainassa (Luke 2023a). Tämä vähensi Suomen puun tuontia kokonaisuudessaan, mikä asettaa entisestään paineita kotimaisen biomassan hyödyntämiseen.

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biomassalla on ongelmallista **bioenergian hiilidioksidipäästöjen** vuoksi (esim. Harjanne & Korhonen 2019) sekä erityisesti puupolttoaineiden kohdalla metsän hitaan uusiutumisen vuoksi (Vadén ym. 2019). Jos lämmitystä voidaan sähköistää lämpöpumppujen avulla, riippuvuus biomassasta vähenisi (Pöyry 2019). Polttoon perustumatteemat tekniikat ovat kuitenkin useissa tapauksissa vasta kaupallistumassa. Polttoon perustumattomien tekniikoiden edistäminen lisääisi huoltovarmuutta sitä mukaan, kun ne osaltaan korvaavat fossiilisten tuontipolttoaineiden käyttöä lämmöntuotannossa. (TEM 2022b.) Lämmityksen sähköistyminen voi toisaalta aiheuttaa ongelmia, jos huippukulutuksen aikaan tulee toimitusvaikeuksia (Pöyry 2019).

Biomassan lisäksi **turve** on merkittävä kotimainen polttoaine, jonka käyttö on kuitenkin vähentynyt kustannusten vuoksi (Lund 2023; Pöyry 2019). Venäjän hyökkäyssodan myötä turpeen merkitys huoltovarmuudelle on tilapäisesti kasvanut (TEM 2022a), ja vuonna 2022 Huoltovarmuuskeskus perusti polttoturpeen varmuusvaraston (TEM 2022b). Turvemaiden käyttöön ja turpeen polttoon liittyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat kuitenkin niin merkittävät (Lång ym. 2022), että turpeen energiakäytöstä tulisi pyrkiä luopumaan lopullisesti, jotta Suomen ilmastotavoitteet eivät vaarantuisi. Energiaturpeesta luopuminen tulee toteuttaa hallitusti ja suunnitelmallisesti, jotta energian huoltovarmuus voidaan turvata muilla keinoin ja jotta tuottajille ei aiheutuisi kohtuutonta tappiota. Energiaturvetta ei myöskään tulisi korvata puuhakkeen käytöllä, jotta luonnon monimuotoisuus ei heikkenisi ja ilmastotoimia ei vesitetäisi. (Lund 2023.) Myös eläintuotanto on Suomessa riippuvaista energiaturpeen kanssa samoilta soilta tuotetusta kuivike- ja kasvuturpeesta (ks. Rinne ym. 2021). Tämä lisää eläintuotantoon liittyviä haitallisia haavoittuvuuksia, joita tuotiin esiin osiossa 3.1.

Suomi on hiljattain saavuttanut **sähköomavaraisuuden** OL3-ydinvoimalan ja lisääntyneen tuulivoiman ansiosta (Pantzar 2023). Tästä huolimatta sähkön hinta on ajoittain kohonnut talvipakkasten aikana ennätyslukemiin, mikä on saanut esimerkiksi terästeollisuuden supistamaan toimintaansa (Sarajärvi ym. 2024). Myös ydinvoimaloiden huoltokatkokset vaikuttavat sähkön hintaan (esim. Happonen 2024). Eri toimialojen laitmien vähähiilisyystiekarttojen perusteella sähköistämisen toimeenpaneminen voi tarkoittaa 100 prosentin kasvua teollisuuden sähkönkulutuksessa ja yli 50 prosentin kasvua Suomen sähkönkulutuksessa vuoteen 2050 mennessä (TEM 2022b). Yhteiskunta tulee entistä **riippuvaisemmaksi sähköstä** (Sipilä ym. 2017; Tuomenvirta ym. 2018). Tuuli- ja aurinkoenergian määrän odotetaan kasvavan (TEM 2022b). Kun Suomessa sähkön kysynnän huippu ajoittuu usein koville talvipakkasille,

isossa osassa muuta Eurooppaa sähkön kysynnän huippu liittyy helleaaltojen aikaiseen jäädytykseen, jonka tarpeen arvellaan lisääntyvän ilmastomuutoksen myötä (ks. EEA 2019b).

Lisääntyvä tuulivoiman käyttö tarkoittaa sitä, että muun kotimaisen sähköntuotannon tai siirtokapasiteetin tulisi olla riittävää kattamaan kysyntä vähätuulisin ajankohtina. Norjan ja Ruotsin sähkötehon riittävyys vaikuttaa näin ollen myös Suomen tilanteeseen (Pöyry 2019; ks. myös Hildén ym. 2018). Kun tuulivoimaa ja aurinkosähköä lisätään, tarvitaan joustavia ratkaisuja, kuten energiavarastoja ja järjestelmäintegraatiotratkaisuja eli energian tuotannon ja kulutuksen sektoreiden kokonaisvaltaisempaa integrointia (ks. TEM 2022b). Sekä sähkön tuotannon että kysynnän tulee joustaa entistä enemmän esimerkiksi akkuratkaisujen, pumppuvoimaloiden, erilaisten power-to-X-systeemien ja sähkön hinnoitteluun perustuvan aikaohjauksen avulla (EEA 2019b; International Energy Agency [IEA] 2024a; International Renewable Energy Agency [IRENA] 2019). Energian huoltovarmuuden turvaaminen jatkossa vaatii kykyä kokonaisvaltaiseen suunnitteluun. Lisäksi olisi oleellista hahmottaa, että yhteiskunnan sähköistämistä ei voi toteuttaa ilman kriittisiä raaka-aineita, joista kilpailevat keskenään sekä eri sektorit että maat (ks. lisää alempana). Myös digitalisaatio tarvitsee samoja raaka-aineita kuin vihreään energiaan siirtyminen (Hanski ym. 2021).

Suomen fossiilivapaa sähköntuotanto nojaa tuulivoiman lisäksi **ydinvoimaan**. Ydinvoimalaitokset varastoivat usein 1-2 vuoden kulutusta vastaavan määrän polttoainetta (Pöyry 2019). Ydinvoima on perinteisesti nähty Suomessa epäpoliittisena aiheena ja rakennetun ydinvoimatuotannon saantia on pidetty varsin turvattuna (Tynkkynen 2022). Tulevaisuudessa uraani voi kuitenkin nousta vahvemmin geoeconomisen kilpailun kohteeksi ja sen saannista voi tulla epävarmempaa. Venäjä on merkittävä globaali toimija ydinalalla, ja sen valtiolliset toimijat ovat vahvasti kytkeytyneitä esimerkiksi Kazakstanin ydinvoimasektoriin. (Siddi & Silvan 2023.) Osittain reaktiona Venäjän aloittamaan hyökkäyssotaan Ukrainassa on myös Euroopassa kiinnostuttu uraanipolttoaineen tuotannosta. Britannia aikoo ensimmäisenä Euroopan maana aloittaa kehittyneen uraanipolttoaineen tuotannon 2030-luvun alkupuolella (STT 2024).

Ilmastomuutos voi myös vaikuttaa ydinvoimatuotantoon. Euroopassa helleaallot ja kuivuus ovat jo haitanneet ydinvoimaloiden toimintaa vesipulan muodossa (Ackerman & Stanton 2008; Hildén ym. 2018). Myös ydinpolttoaineen saatavuus voi vaarantua. Uraanin tuotannossa on jo esiintynyt ilmastomuutoksen aiheuttamia häiriöitä, jotka voivat tulevaisuudessa pahentua (Pizarro ym. 2018).

Fossiilisten polttoaineiden kysynnän lasku **muuttaa kansainvälisiä voimasuhteita** ja se voi johtaa geopolitiisiin jännitteisiin (esim. Erkamo ym. 2021). Esimerkiksi Venäjän talous on hyvin riippuvainen öljystä ja kaasusta (Tynkkynen 2022). Tämän on spekuloitu vaikuttaneen Venäjän hyökkäyssotaan Ukrainassa tai ainakin sen ajoitukseen, sillä energiasiirtymän edetessä Venäjän taloudellinen ja strateginen asema olisi huonevien öljy- ja kaasutulojen myötä saattanut heiketä. Pääasiassa Venäjän hyökkäyksen taustalla ovat kuitenkin ideologiset ja valtapoliittiset syyt, joten energiasiirtymän merkitystä ei tule liioitella.

Uusiutuvien energialähteiden geopolitiikkaa tarkastelevat tutkijat jakautuvat niihin, jotka arvelevat energiasiirtymän vähentävän kansainvälisiä konflikteja ja niihin, jotka katsovat konfliktien vain muuttavan muotoaan, kun energiasiirtymään liittyvät materiaalit aiheuttavat uudenlaisia riippuvuuksia (ks. Vakulchuk ym. 2020). Laajamittainen energiasiirtymä voi kuitenkin aiheuttaa fossiilienergiaa tuottavissa maissa myös sisäpoliittisia jännitteitä, jotka voivat puolestaan heijastua muihin maihin. Suomen kannalta vihreä siirtymä auttaa joka tapauksessa irrottautumista tuontiriippuvuudesta Venäjään (TEM 2022a), ja fossiilisista polttoaineista luopuminen ylipäättään vähentää riippuvuutta tuonnista ja altistumista kauppaketjujen häiriöille (European Parliamentary Research Service 2022).

Tuulivoiman, aurinkoenergian ja esimerkiksi sähköautojen akkujen suhteen on kiinnitetty yhä enemmän huomiota siihen, miten niiden valmistus riippuu **kriittisistä materiaaleista ja komponenteista**. Materiaalien esiintyminen sekä jatkojalostus ja -tuotanto on maantieteellisesti hyvin keskittynyttä (esim. European Commission 2020; IEA 2021; Mattlin ym. 2023). Samaan aikaan globaali kysyntä kriittisille materiaaleille ja komponenteille lisääntyy räjähdysmäisesti: pelkästään esimerkiksi litiumin kysynnän oletetaan nousevan vuoden 2018 tasosta kolminkertaiseksi vuoteen 2025 mennessä (Haddad ym. 2023). Myös Suomen energiasiirtymää on tarkoitus edistää lisäämällä muun muassa tuulivoimaa. EU:lla on suuri rooli turbiinien kokoamisessa, mutta vain yksi prosentti niihin tarvittavista materiaaleista tuotetaan sen alueella (Mattlin ym. 2023). Kiina tuottaa 54 prosenttia tuuliturbiineihin tarvittavista kriittisistä materiaaleista sekä hallitsee 41 prosenttia prosessoitujen materiaalien tuotantoketjuista ja 56 prosenttia komponenttien valmistuksesta (European Commission 2020).

Kun tuotanto on keskittynyttä, geopolitiittinen tilanne voi vaikuttaa energiasektoriin. Esimerkiksi maailman suurin litiumakkuihin tarvittavan grafiitin tuottaja Kiina asetti hiljattain rajoitteita grafiitin viennille maasta. Kyseessä oli vastaus Yhdysvaltojen asettamille mikro-

siirujen maastaviennin rajoituksille (Nieminen 2023). Kiinan ja Yhdysvaltojen suhteiden jatkuessa epävakaina vastaavat toimet ovat mahdollisia jatkossakin ja ne voivat entisestään kiristyä. Tuotantoketjujen häiriöiden ennakointi on siten aiempaa vaikeampaa, ja häiriöt voivat koskea myös sektoreita tai aloja, jotka eivät ole perinteisesti olleet huoltovarmuustoiminnan kohteina (Mattlin ym. 2023). Suomeen tämä vaikuttaa uusiutuvan energian tuotantolaitoksiin tarvittavien materiaalien mahdollisina toimitusvaikeuksina ja varaosien saataavuushäiriöinä. Tämä muodostaa haavoittuvuuden sähköntuotantojärjestelmän huollon kannalta.

Energia-alan **investoinnit vaativat pitkän aikajän-teen** (esim. PwC 2023; TEM 2022b). Jos poliittinen ympäristö on epävarma tuki- ja veropolitiikan suhteen, yritykset voivat investoida ennemmin lyhyen takaisinmaksuajan hankkeisiin vähentääkseen riskejään (Deloitte 2020). EU-tasolla on odotettavissa tiukennuksia päästövähennystavoitteisiin ja esimerkiksi energialainsäädäntöön (TEM 2022b), eli yleisellä tasolla kehityksen suunta on selvä. Kuitenkin esimerkiksi aurinkoenergiaan liittyy kansallisella tasolla epäselvyyksiä, kun lupavaatimukset vaihtelevat eri puolella Suomea (Elonen 2023). Vetyyn liittyviä projekteja on puolestaan peruuntunut, sillä fossiiliperäisen jätteen energiahyödyntämiseen liittyvä lainsäädäntö on EU-tasolla epäsuotuisaa (ks. Mäntylä & Hukkanen 2023).

Myös vihreän energian **investointien tyrehtymiseen** liittyy merkittäviä siirtymäriskejä. Kun sähköntuotannon **kannattavuus laskee**, yritysten investointihalukkuus vähenee (ks. Kivisaari 2016). Viime aikoina investoinnit puhtaaseen energiaan, kuten tuulivoimaan, ovat hiljentyneet osittain siitä syystä, että tätä energiaa käyttäviä teollisuuslaitoksia ei synny samaan tahtiin (Pelli 2023). Koska sähköntuotannon ja -kysynnän tulee olla tasapainossa, ei ylimääräisen tuotantopotentialin rakentaminen ole kannattavaa. Jos kannattavuus laskee tietyllä alalla, kuten tuulivoimassa, se voi johtaa suurtenkin yritysten ja laitetoimittajien konkurssiin, mikä vaarantaa tuulivoimaloiden ylläpidon ja huollon.

Raskaalla teollisuudella ei ole **joustovaraa**, mitä tuuli- ja aurinkovoiman käyttö edellyttäisi, joten niiden lisäksi tarvitaan säätö- ja perusvoimaa. Jotta esimerkiksi tuulivoimainvestoinnit kannattaisivat tulevaisuudessakin, niiden tuottamalle sähkölle tulisi olla riittävästi kysyntää. Tilanne helpottuisi, jos Suomeen saataisiin esimerkiksi hiilineutraalin teräksen tuotantolaitoksia ja korkean jalostusasteen tuotantoa (ks. Osio 3.5; myös Pantzar 2023), jotka käyttävät paljon uusiutuvaa energiaa. Samalla ne edistäisivät vihreää siirtymää ja lisäisivät Suomen huoltovarmuutta.

Huoltovarmuuden turvaaminen vihreän siirtymän kontekstissa edellyttää teollisuuden ja energia-alan **jaettua tilannekuvaa ja keskinäistä koordinaointia**. Näiden puuttuessa voidaan ajautua tilanteeseen, jossa sähkön tuotantoinvestoinnit ja kysyntä eivät kohtaa, mikä on riski huoltovarmuudelle. Esimerkiksi nykyinen Fingridin sähköjärjestelmävisio perustuu mahdollisesti liiallisenkin optimistisiin odotuksiin sekä tuulivoimainvestoinneista että teollisuuden kulutusjoustosta. (Esim. Sihto 2024.)

Ilmastonmuutosta ja luontokatoa hillitsevät politiikat voivat kohdata vastustusta, jos niitä ei koeta **oikeudenmukaisiksi** (esim. Dwyer 2024). Epäoikeudenmukaisuuden kokemukset voivat heikentää hillintätoimien legitimitettä ja tehokkuutta, millä voi olla haitallisia vaikutuksia yhteiskunnan turvallisuuteen ja vakauteen, jos ilmastotoimissa epäonnistutaan (Hakala ym. 2021). Ilmasto- ja ympäristöpolitiikalla voidaan kuitenkin myös vähentää epäoikeudenmukaisuutta, kun haitallisia ympäristövaikutuksia vähennetään ja haavoittuvien yhteisöjen tarve sopeutua vähenee.

Suomessa turvetta ja bioenergiaa on tarkasteltu oikeudenmukaisuuden näkökulmasta, sillä niitä tuotetaan ja käytetään paikallisesti (Lund 2023). Energiainvestointeja voisi suunnata niille alueille, joilla käytetään eniten turvetta, mutta toistaiseksi tuulivoiman rakentaminen on jakautunut Suomessa epätasaisesti (Lund 2023; Ronkainen ym. 2023). Energiasiirtymää myös helpottaisi se, että tuotannollisten investointien lisäksi kiinnitetäisiin huomiota energian säästämiseen ja kulutuksen tehostamiseen (Lund 2023). Turpeen osalta tärkeää on suunnitella ja ennakoida energiakäytöstä luopuminen pitkällä tähtäimellä tavalla, joka on oikeudenmukainen myös turvetuottajien kannalta (Lång ym. 2022).

Vedystä toivotaan apua hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen sellaisilla aloilla, joilla muiden keinojen käyttö on erityisen haasteellista. Käyttökohteita olisi esimerkiksi teollisuudessa, liikenteessä, sähköntuotannossa ja rakennusosalalla. Suomen etuja vedyn tuotannossa ovat muun muassa vahva sähköverkko, sähköntuotannon korkea hiilineutraalisuuden aste, eurooppalaisittain edullinen sähkö ja vahva energiantensiivinen vientiteollisuus. Vetytalouden luomiseksi investointeja tulisi suunnata etupainotteisesti tärkeimpiin arvoketjuihin, kuten vedyn tuotantoteknologioihin. (Sivill ym. 2022.) Jos Suomeen luodaan merkittävästi vetyenergian tuotantoa, vaikuttaa se myös huoltovarmuuteen muun muassa toimitusketjun osalta. Suunnitelmien edistymistä on siis syytä seurata ja vaikutuksia tarkastella myös huoltovarmuuden kannalta.

Suomen energiahuollolle keskeisimpiä vaikutuksia:

- Huoltovarmuusvarastointi ja huoltovarmuusmaksukäytännöt tulee päivittää energiasiirtymän näkökulmasta.
- Bioraaka-aineisiin ja turpeeseen liittyy saatavuuden haasteita ja kestävyysongelmia.
- Kasvava sähköriippuvuus ja lisääntyvä tuulivoiman käyttö vaativat kokonaisvaltaista suunnittelua, jossa huomioidaan energiavarastojen ja järjestelmäintegraatioiden tarve.
- Ydinvoimaloiden polttoaineisiin voi kohdistua geoeconomista kilpailua ja niiden tuotantoketjut ovat alttiita sään aiheuttamille riskeille.
- Energiasiirtymä muuttaa kansainvälisiä voimasuhteita ja voi aiheuttaa geopoliittisia jännitteitä.
- Energiateknologioihin liittyy kriittisiä materiaali- ja komponenttiriippuvuuksia.
- Vihreän energian investoinnit voivat tyrehtyä sähköntuotannon kannattavuuden laskiessa.
- Vihreä siirtymä edellyttää teollisuuden ja energia-alan vahvaa koordinaointia.
- Jos energiasiirtymää ei toteuteta oikeudenmukaisesti, sen hyväksyttävyys voi kärsiä.

3.3 Finanssiala ja talous

Tässä raportissa ei tarkastella vain finanssialaa ja maksujärjestelmien toimivuutta, vaan laajemmin ilmastomuutoksen mahdollisia talousvaikutuksia, sillä toimivat markkinat ja kilpailukykyinen talous on tunnustettu huoltovarmuuden perusedellytyksiksi (TEM 2022a). Taloudellinen toiminta on havaittu yhdeksi tärkeäksi vaikutuskanavaksi, jonka kautta ilmastomuutoksen vaikutukset voivat siirtyä kaukaistenkin paikkojen välillä (Benzie ym. 2016; Hildén ym. 2018; Moser & Hart 2015). Koska monet yhteiskunnan kriittiset palvelut toteutetaan yritysten kautta, näiden markkinaehtoisten toimijoiden kriinsietokyky määrittää pitkälti myös huoltovarmuuden tasoa (SM 2023). Julkisen ja yksityisen sektorin vastuunjako ilmatoriskeihin varautumisessa on noussut tutkimuksessa esiin aiheena, jota tulisi tarkastella etenkin ketjuuntuvien ilmatoriskien kohdalla (Benzie ym. 2013; Tenggren ym. 2019).

Ilmaston muuttumisen, muutoksen hillinnän ja siihen sopeutumisen vaikutuksia julkiseen talouteen on **tutkittu suhteellisen vähän**, eikä näin ollen myöskään vaikutusten kokonaiskuvaa Suomen näkökulmasta ole saatavilla (Valkonen ym. 2023). Optimistiset arviot kuvaavat vaikutusten olevan pienemmät Suomelle kuin muulle maailmalle (esim. Valkonen ym. 2023) tai heijastevaikutusten olevan jopa positiivisia (esim. Perrels ym. 2022). Tällaiset talousarviot, etenkin heijastevaikutusten tarkastelussa, perustuvat kuitenkin oletuksiin, jotka vaikuttavat nykytiedon valossa yhä epävarmimmilta. Optimistisissa arvioissa saatetaan esimerkiksi olettaa, että Suomi ja EU onnistuvat ilmastotavoitteissaan tai että Suomeen suuntautuu merkittävästi investointeja. Hiljattain on sitä vastoin arvioitu, että toimitomuus Suomessa liikenteen päästöissä ja metsänieluissa uhkaavat tuoda lisäkustannuksia veronmaksajille (Finnish Economic Policy Council 2024), eikä investointeja ole suuntautunut Suomeen odotetulla tavalla (esim. Lassila 2023; Mäntylä & Hukkanen 2023; Pelli 2023).

Tarkastellessa ulkomaille suuntautuneiden investointien määrää ilmastomuutoksen suorista vaikutuksista kärsiviin maihin, Suomi ei vaikuta olevan kovin haavoittuvainen (Benzie ym. 2016). Tässä tarkastelussa näkökulma kuitenkin rajoittuu yksittäisiin maihin, mikä ei kuvaa sitä, että käytännössä kauppaa käyvät yksittäiset, eri maihin sijoittuvat toimijat markkinoilla, jotka vaihtelevat suurestikin hyödykkeestä riippuen (ks. Benzie ym. 2016). Vaikka Perrels ym. (2022) arvelevat ilmastomuutoksen vaikutusten olevan Suomen bruttokansantuotteelle pienet, he myös toteavat, että ennakoiva sopeutuminen voisi tuoda 8 miljardin säästöt verrattuna reaktiiviseen sopeutumiseen vuoteen 2070 mennessä. Myös IPCC (2023) arvioi, että globaalilla tasolla ilmastomuutoksen hillinnän taloudelliset ja sosiaaliset hyödyt ylittävät hillinnän kustannukset. Uusimpien laskelmien mukaan ilmastotuhot maksavat maailmalle jopa kuusi

kertaa enemmän kuin ilmaston lämpenemisen rajoittaminen (ks. Kotz ym. 2024; myös esim. Bilal & Känzig 2024). Myös luonnonvarojen ylikulutuksen ja ekosysteemipalveluiden tuhoamisen on varoitettu olevan vakava uhka ihmisyyhteisöjen hyvinvoinnille sekä rapauttavan myös talouden toimintakykyä (ks. Dasgupta 2021).

Ilmastonmuutos ja siihen kytkeytyneet muut sosio-ekologiset kriisit, kuten lajikato, saasteet, merten happamoituminen ja makean veden puute johtavat edetessään todennäköisesti radikaaleihin **systeemiin keikahduspisteisiin**, joiden seurauksia ei taloudellisissa vaikutusarvioissa ole useinkaan huomioitu. Käytännössä tämä tarkoittaa sellaisten ekosysteemipalveluiden heikentymisiä tai romahduksia, jotka tuottavat, ylläpitävät ja säätelevät ihmisyyhteisöille välttämättömiä aineen ja energian kiertoja planeetalla (ks. esim. Lähde 2021; myös Dasgupta 2021). Keskuspankkien roolia tarkastelevassa teoksessa varoitetaan ”vihreistä joutsenista”, joita perinteiset talousmallit eivät pysty ennakoimaan eli ilmatoriskeistä, jotka voisivat olla seuraavan systeemisen finanssikriisin taustalla (Bolton ym. 2020).

Ketjuuntuvia vaikutuksia:

Uusimpien arvioiden mukaan ilmastomuutos **heikentää maailmantaloutta**, josta Suomen vientivetoinen talous on vahvasti riippuvainen. Sään ääri-ilmiöt aiheuttavat suoria kustannuksia, sillä ne vahingoittavat ihmisiä, infrastruktuuria ja ympäristöä. Lisäksi sään ääri-ilmiöistä syntyy epäsuoria kustannuksia, kun ne haittaavat yritysten toimintaa ja tuotantoketjuja eri puolilla maailmaa. Makrotaloudellisella tasolla ilmastomuutos voi lisätä valtioiden velkaantumista ja heikentää bruttokansantuotetta. (Agarwala ym. 2021; Kilfoyle 2022.) Erään arvion mukaan globaali bruttokansantuote on 11–14 prosenttia alhaisempi vuoteen 2050 mennessä verrattuna skenaarioon, jossa ilmastomuutosta ei tapahtuisi lainkaan (Swiss Re Institute 2021). Vielä tuoreemman laskelman mukaan ilmastomuutos aiheuttaa 19 prosenttisen tulojen menetyksen maailmantaloudelle vuoteen 2050 mennessä, riippumatta siitä miten päästöjä onnistutaan tulevaisuudessa vähentämään (Kotz ym. 2024).

Yhdysvalloissa pelkästään **sään ääri-ilmiöiden kustannukseksi** jo nykyilmastossa on arvioitu 150 miljardia dollaria vuodessa (Jay ym. 2023). Euroopassa heinäkuun 2021 tulvien kokonaiskustannusten arvioidaan olevan 46 miljardia euroa. 1,5 asteen lämpenemisen skenaariossa kokonaistaloudellisten menetysten Euroopassa arvioidaan olevan 42 miljardia euroa vuodessa. Kolmen asteen kohdalla vuotuinen hyvinvointitappio olisi 175 miljardia euroa (1,38 prosenttia Euroopan BTK:sta) ja 2 asteen skenaariossa 83 miljardia euroa. (European Parliamentary Research Service 2022.)

Silti **fossiilisia polttoaineita rahoitetaan** edelleen enemmän kuin ilmastomuutoksen hillintää ja sopeutumista yhteensä (IPCC 2023). Samaan aikaan investointien ohjaaminen kehittyvien maiden energiasiirtymään on välttämätöntä. Esimerkiksi Afrikkaan tulisi investoida 125 miljardia dollaria vuosittain vuoteen 2030 saakka, jotta se saavuttaisi energia- ja ilmastotavoitteensa (ks. Duma & Muñoz Cabré 2023).

Ilmastomuutoksen vaikutukset jakautuvat hyvin epätasaisesti. Useat köyhät maat kärsivät niistä eniten, joten ilmaston lämpeneminen ja eriarvoistuminen ovat voimakkaasti toisiinsa linkittyneitä (Diffenbaugh & Burke 2019). Ilmastomuutoksesta vähiten kärsivien valtioiden tulisikin kantaa vastuunsa ilmastomuutoksen hillinnän ja sopeutumisen kustannuksista globaalilla tasolla – erityisesti koska nämä maat usein ovat historiallisesti tarkasteltuna suurimpia ilmastomuutoksen aiheuttajia. Tällä hetkellä ilmastorahoitus on kuitenkin riittämättömällä tasolla (United Nations 2023; World Meteorological Organization [WMO] 2024). Myös Euroopan sisällä ilmastomuutoksen suorat vaikutukset sään ääri-ilmiöiden muodossa painottuvat eteläiseen ja kaakkoiseen Eurooppaan. Näin ollen myös sopeutumisen kustannukset jakautuvat epätasaisesti (Forzieri ym. 2018). Toisaalta on ilmeistä, että ilmastomuutoksen ketjuuntuvat vaikutukset tulevat koskettamaan kaikkia. Eri maiden haavoittuvuutta ilmastomuutoksen vaikutuksille on perinteisesti tarkasteltu esimerkiksi vaurauden tai inhimillisen kehityksen avulla, mutta ne eivät anna selkeää kuvaa mahdollisesta alttiudesta ketjuuntuville vaikutuksille. (Ks. Benzie ym. 2016.)

Maksupalveluiden toimivuus on välttämätöntä monille palveluille, kuten ruuan vähittäisjakelulle ja polttoaineen jakelulle (Fjäder 2018). Ilmastomuutoksen ketjuuntuvia vaikutuksia maksujärjestelmien toimivuuteen voi syntyä, mikäli rahoituslaitosten kansainvälisiin järjestelmiin tai tietovarantoihin tulee häiriöitä esimerkiksi sään ääri-ilmiöiden vuoksi (Hildén ym. 2016; TEM 2022a).

Finanssialan yrityksillä on merkittävä rooli yhteiskunnassa pankki-, vakuutus- ja sijoituspalveluiden tarjoajina sekä eläketurvan järjestämisen kautta (Deloitte 2020). Finanssialalla on myös tärkeä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä ja sopeutumisessa, sillä toimiala voi mahdollistaa fossiilivapaita investointeja. Toimialan sopeutumispotentialin on joissain arvioissa katsottu olevan hyvä, ja alaa säännellään niin, että ilmastoriskejä sisällytetään rahoituskustannuksiin. (Mäkelä ym. 2022.) Toisaalta Suomen rahoitusmarkkinoiden varautuminen ei arvioiden mukaan vastaa kansallisia tavoitteita (ks. TEM 2022a). Tuore selvitys Yhdysvaltojen kuuden suurimman investointipankin kyvystä kestää ilmastomuutoksen vaikutuksia paljastaa, että esimerkiksi vakava hurrikaani voisi laukaista merkittävän lainojen maksulaiminlyöntien aallon. Lisäksi selvityksestä

ilmenee, että pankeilla on huomattavia puutteita tiedoissaan koskien kiinteistövakuutusten kattavuutta ja rakennusten ominaisuuksia, ja että pankit myöntävät, että niillä on suuria haasteita mitata ilmastoon liittyviä riskejä. (Federal Reserve 2024.)

Finanssiala heijastaa reaalityn tilan ilmiötä ja muiden alojen suhdanteita (Deloitte 2020). Jos epävarmuus kansainvälisillä rahoitusmarkkinoilla lisääntyy, se voi heijastua myös Suomessa **rahoitusmahdollisuuksiin ja investointihalukkuuteen** (Hildén ym. 2016). Tämä voi vaikuttaa negatiivisesti muiden alojen toimintaan, kuten energia-alaan ja eri teollisuudenaloihin. Toisaalta Suomen on myös arveltu muuttuvan ilmastomuutoksen myötä houkuttelevammaksi investointikohteeksi, mikä kompensoisi ilmastomuutokseen liittyvää viennin vähenemistä (Valkonen ym. 2023). Ilmastomuutos voi vaikuttaa myös vakuutusalan kautta sekä Suomessa että kansainvälisesti niin, että elinkeinojen ja asumisen vakuuttaminen kallistuu tai vaikeutuu korkeiden sääriskien alueilla (esim. Flavelle ym. 2023). Vakuutuskelvottomat omaisuusarvot voivat muuttua arvottomiksi (Deloitte 2020; Hildén ym. 2016).

Suomalaisten yritysten näkökulmasta ilmastomuutos näkyy konkreettisesti raaka-aineiden ja tuotteiden hintojen vaihteluina ja saatavuushäiriöinä, mikä vaikeuttaa näistä tuotteista riippuvien yritysten toimintaa eri aloilla ja aiheuttaa taloudellisia tappioita (ks. myös osio 3.4). Sään ääri-ilmiöt vaikeuttavat lisäksi suomalaisten yritysten sekä niiden yhteistyökumppaneiden toimintaa esimerkiksi Aasiassa. (Hildén ym. 2016.) Huonossa taloustilanteessa myös palvelualat kärsivät ihmisten ostovoiman heikentyessä (Deloitte 2020). Heikko taloustilanne Suomessa on omiaan kasvattamaan eriarvoistumiseen liittyviä riskejä, kuten syrjäytymistä, mielenterveysongelmia ja yhteiskunnallista vastakkainasettelua, sekä mahdollisesti heikentämään lopulta myös julkisen sektorin kykyä varautua ilmastomuutokseen (Erkamo ym., 2021; Hildén ym. 2016).

Kirstynyt maailmanpoliittinen tilanne voi uhata **hybridivaikuttamisen** muodossa kriittisiä taloudellisia toimintoja. Taloudellisia keinoja, kuten talouspakotteita, voidaan käyttää painostuksen välineenä. (Fjäder 2018.) Koronakriisin jälkeen, ja etenkin Venäjän aloittaman hyökkäyssodan myötä, monet yritykset ovatkin kiinnittäneet aiempaa laajempaa huomiota arvoketjuihinsa riippuvuuksiin ja siihen, että geopolitiikka vaikuttaa yritysten toimintaan (Ali-Yrkkö ym. 2023a).

Siirtymävaikutuksia:

Ilmastomuutoksen fyysisten riskien lisäksi sekä kansallinen että kansainvälinen **hillintäpolitiikka ja päästöttömän teknologian kehitys** tulevat vaikuttamaan talouteen (Agarwala ym. 2021; Valkonen ym. 2023). Valtion valitsevat ohjauskeinot (esim. hinta-ohjaus) ja päätökset tukea vihreää teknologiaa esimerkiksi suorilla investointituilla, verotuilla, lainanannolla tai takaamisella tulevat vaikuttamaan julkiseen talouteen ja sen riskeihin (Valkonen ym. 2023). Muiden maiden tukipolitiikka voi ohjata kansainvälisten yritysten investointeja Euroopan ja Suomen sijaan esimerkiksi Yhdysvaltoihin (ks. osio 3.5). Energiasektorin kehittyminen, talouden sähköistyminen, pääoman tuottoasteen muutokset suhteessa muihin maihin ja alueisiin sekä nykyisten öljyvaltioiden viennin rakenteen muutos vaikuttavat kaikki Suomen talouden näkyymiin (Valkonen ym. 2023).

Muun muassa Yhdysvallat, Kiina ja EU ovat hiljattain ottaneet entistä **protektionistisemman** asenteen kauppapolitiikassa (Mattlin ym. 2023). Globalisaation on korvannut **”geotalouden”** paradigma eli taloudellinen valtapolitiikka (Hillebrand Pohl 2023). Mikäli geopolittiset jännitteet jatkavat kiristymistään, voivat myös **yritykset** investoida mieluummin lyhyen takaisinmaksuajan hankkeisiin, mikä voi hidastaa esimerkiksi energiasiirtymään tarvittavien suurien investointien tekemistä. Yleisesti protektionistinen kauppapolitiikka vaikuttaa Suomeen vientivetoisena maana pääosin negatiivisesti (Deloitte 2020).

Suomen talouteen vaikuttaa myös se, onnistuuko Suomi **päästövähennystavoitteissaan**. Suomen hiilineutraaliustavoite nojaa pitkälti metsien käyttöön hiilinieluna. Maankäyttösektori, jonka osa metsäsektori on, on kuitenkin todettu nettopäästölähteeksi jo muutaman vuoden ajan (Tilastokeskus 2023). Suomi ei vaikuta nykyisten toimenpiteiden perusteella saavuttavan maankäyttösektorin nettonielutavoitetta, mikä aiheuttaa finanssipoliittisia riskejä. Valtiolla voi tulla tästä miljardien eurojen lasku, mikäli se joutuu ostamaan nieluyksiköitä EU:n markkinoilta tai tekemään muita, kalliimpia päästövähennystoimia. (Ilmastopaneeli 2022; Finnish Economic Policy Council 2024.)

Keskeisimmät ilmastomuutoksen talousvaikutukset:

- Talousvaikutuksia on vaikea arvioida, mutta on selvää, että ilmastomuutokseen sopeutuminen on kustannustehokkaampaa kuin etenevien vaikutusten torjunta ja että hillinnän hyödyt ylittävät moninkertaisesti hillinnän kustannukset.

Ketjuuntuvia vaikutuksia:

- Ilmastomuutos heikentää maailmantaloutta, josta Suomen vientivetoinen talous on riippuvainen.
- Maksupalveluihin voi tulla häiriötä sään ääri-ilmiöiden vuoksi.
- Epävarmuus kansainvälisillä rahoitusmarkkinoilla voi heijastua myös Suomessa rahoitusmahdollisuuksiin ja investointihalukkuuteen.
- Elinkeinojen ja asumisen vakuuttaminen voi kallistua sääriskien alueilla.
- Suomalaiset yritykset voivat kohdata taloudellisia tappioita tarvitsemiensa raaka-aineiden ja tuotteiden hintojen heilahtelun ja saatavuushäiriöiden vuoksi.

Siirtymävaikutuksia:

- Hillintäpolitiikka ja päästöttömän teknologian kehitys määrittävät talouden kehityssuunnan.
- Kun geopolittinen ilmapiiri kiristyy ja vaikuttaa kauppasuhteisiin, voivat yritykset investoida mieluummin lyhyen takaisinmaksuajan hankkeisiin. Tämä voi hidastaa energiasiirtymää.
- Päästövähennystavoitteissa epäonnistuminen aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita.

3.4 Logistiikka

Maailmantalous on riippuvainen globaalien toimitusketjujen verkostoista, jotka ovat kehittyneet yhdessä markkinoiden vapauttamisen sekä logistiikan ja tieto- ja viestintätekniikan kanssa (Tenggren ym. 2019). Logististen ketjujen toimivuus on huoltovarmuuden välttämätön edellytys. Suomen ulkomaankauppa ja monen kriittisen sektorin hyödykkeiden saatavuus riippuu pitkälti merikuljetuksista. Toimitusketjujen jatkuvuudenhallinta on yritysten omaehtoista toimintaa. (SM 2023; TEM 2022a.) Ylirajaisiin tuotantoketjuihin liittyvien riskien arviointia vaikeuttaa näiden ketjujen monimutkaisuus ja pituus sekä tiedon puute. Esimerkiksi monen eurooppalaisen maan tullitilastoissa tuontimaana korostuu Alankomaat, vaikka se on usein vain tuotteiden ja raaka-aineiden kauttakulkumaa. (Tenggren ym. 2019.)

Ketjuuntuvat vaikutukset:

Aikaisemmat selvitykset ovat tarkastelleet muun muassa suomalaisten yritysten selviytymiskykyä kriiseistä, kuten koronapandemiasta ja Venäjän hyökkäyssodan seurauksista, tuotanto- ja toimitushäiriöiden näkökulmasta (ks. Ali-Yrkkö ym. 2023a; Ali-Yrkkö ym. 2023b). Ensimmäisenä koronavuonna eli 2020 häiriöt arvoketjuissa laskivat Suomen kokonaistuotantoa puolella prosentilla ja vastasivat viidesosaa Suomen bruttokansantuotteen pudotuksesta. Kuljetusten hintojen heilahtelut, raaka-aineiden ja tuotteiden saatavuushäiriöt ja kuljetusten viivästyminen ovat saaneet yritykset arvioimaan aikaisempaa huolellisemmin arvoketjuihin liittyviä riskejä. (Ali-Yrkkö ym. 2023b.)

Huoltovarmuuden kannalta tärkeiden alojen yritysten **toimitusketjut** voivat häiriintyä aiempien kriisien kaltaisella tavalla ilmastonmuutoksen lisäämien **sään ääri-ilmiöiden** vuoksi (SM 2023; European Parliamentary Research Service 2022). Ilmastonmuutoksen aiheuttamat häiriöt toimitusketjuille ovat lisääntymässä (Tenggren ym. 2019). Euroopan kriittisen infrastruktuurin on laajemminkin arvioitu kärsivän lisääntyvistä sään ääri-ilmiöistä, mikä vaikuttaa eniten liikenteeseen, teollisuuteen ja energiantuotantoon. Liikennesektorin vuotuisten vahinkojen arvellaan kasvavan 0,8 miljardista eurosta 11,9 miljardiin euroon vuoteen 2080 mennessä. Esimerkiksi lämpöaallot vääntävät raiteita ja sulattavat asfalttia. (Forzieri ym. 2018.) Monien tuotteiden ja raaka-aineiden valmistus voi kärsiä ilmastonmuutokselle haavoittuvilla alueilla eli toimitusketjujen alkulähteellä.

Toisaalta sään **ääri-ilmiöt** voivat **iskee logistiikan solmukohtiin tai pullonkauloihin**. Panaman kanavan käyttö vaikeutui El Niñoon liittyvän kuivuusjakson seurauksena esimerkiksi vuonna 2016, ja kuivuusjaksot todennäköisesti lisääntyvät jopa niin, että koko kanavan tulevaisuus on uhattuna (de Bolle 2024). Vuonna 2021 Suezin kanavaan juuttuneeseen konttialukseen on puolestaan epäilty liitty-

neen arktisen alueen nopean lämpenemisen aiheuttamat muutokset suihkuvirtauksissa (King 2022). Lähes kolmasosa maailman satamista sijaitsee alueella, jolla esiintyy trooppisia myrskyjä, joita ilmastonmuutos tulee entisestään voimistamaan. Silti varautuminen niissä vaikuttaa riittämättömältä. (Becker ym. 2018.)

Toimittamattomat tai viivästyneet rahat ja tuotteet aiheuttavat tappioita, ja kuljetettavat materiaalit voivat vaurioitua. Esimerkiksi vuonna 2018 Euroopan lumiolosuhteet vaikeuttivat toimitusten hoitamista ajoissa (Tuomenvirta ym. 2018), ja toisaalta ennennäkemätön kuivuus, joka koetteli huomattavia osia Eurooppaa keväällä ja kesällä 2018, johti lisäkustannuksia aiheuttaneisiin laivaliikenteen rajoituksiin Rein-, Elbe- ja Tonava-joilla (EEA 2019). Vaihtoehtoiset kuljetusreitit voivat aiheuttaa lisäkustannuksia (Deloitte 2020). Ylimääräisiä kustannuksia voi tulla myös vakuutusmaksujen noususta (Ghadge ym. 2020). Toimitusketjuihin liittyvien häiriöiden on arvioitu jäävän pääasiassa lyhytkestoisiksi (esim. Hildén ym. 2016), mutta toisaalta pitkissä arvoketjuissa pieneltä vaikuttavat shokit voivat helposti kertaautua moninkertaisiksi (ks. Ali-Yrkkö ym. 2023a; Tenggren ym. 2019).

Ilmaston muuttuminen voi myös rasittaa infrastruktuuria jatkuvasti, mikä edelleen altistaa sitä ääri-ilmiöille (Bailey & Wellesley 2017). Merenpinnan nouseminen tulee puolestaan vaikeuttamaan satamien ja varustamoiden toimintaa (esim. Kauppi 2021; myös Forzieri ym. 2018). Satamien merkitys maailmankaupalle on valtava. Esimerkiksi lähes neljäsosa globaalista vientisoijasta kulkee Brasilian neljän sataman kautta (Bailey & Wellesley 2017). Merenpinnan nousu tulee jatkumaan vuosisatojen tai jopa vuosituhansien ajan sen jälkeen, kun maapallon lämpötila on vakiintunut (EEA 2024). Toisaalta ilmaston lämpenemisen arvellaan avaavan myös uusia, arktisia kuljetusreittejä, joihin kuitenkin liittyy edelleen riskejä vaikeiden luonnonolojen vuoksi. Lisääntyvän liikenteen ja läsnäolon Arktisella alueella on myös esitetty kasvattavan geopoliittisia jännitteitä (Deloitte 2020; Hildén ym. 2016).

Varastointiolosuhteet voivat muuttua hankalammiksi ilmastonmuutoksen takia, sillä esimerkiksi erilaiset mikrobit viihtyvät paremmin kosteammassa ja lämpimämmässä ilmastossa. Lisäksi muun muassa elintarvikkeiden käsittely, kuljetus ja varastointi vaikeutuu sään ääri-ilmiöiden aikana äärimmäisessä kuumuudessa tai kylmyydessä. (Ghadge ym. 2020; Tuomenvirta ym. 2018).

Kiristynyt kansainvälinen ilmapiiri ja **protektionistisen kauppapolitiikan** korostuminen vaikeuttavat arvo- ja toimitusketjujen toimintavarmuuden ylläpitämistä (SM 2023). Tuoreena esimerkkinä on Suezin kanavan käytön vaikeutuminen osana Israel-Palestiina-konfliktia (Niinivuo 2023). Pitkittyessään se voi vaikuttaa öljyn ja LNG:n hintaan (Cafiero 2023). Myös ilmastonmuutoksen

suorien vaikutusten aiheuttamat tuotantohäiriöt voivat saada maita asettamaan tuotteilleen vientirajoituksia. Esimerkiksi Venäjä rajoitti viljan vientiä maasta kuivuuskauden vuoksi vuonna 2010 (Challinor ym. 2018; ks. myös Bailey & Wellesley 2017). Pahimmillaan globaalien tuotantoketjujen häiriöt voivat vaikuttaa etenkin tuonnista riippuvaisten maiden ruokaturvaan, millä voi puolestaan edelleen olla arvaamattomia sosiaalisia ja poliittisia vaikutuksia. Esimerkiksi yli puolet maailmanmarkkinoiden viljasta kulkee vähintään yhden merkittävän logistisen solmukohdan läpi (World Trade Organization & UN Environment 2018).

Siirtymävaikutuksia:

Suomen huoltovarmuus on erittäin riippuvainen **merikuljetuksista**: suurin osa tavarakuljetuksista tapahtuu Itämeren kautta (Fjäder 2018). Merenkulkua on suuren kuljetusvolyymin vuoksi erittäin vaikea korvata muilla kuljetuksilla. Hillintätoimet vaikuttavat rahtilaivojen käyttövoima- ja polttoainevalintoihin ja moottoriratkaisuihin (Huoltovarmuuskeskus 2024), ja aiheuttavat logistiikkakustannusten kasvua etenkin metalli-, metsä- ja kemianteollisuudelle (Repka ym. 2017; myös Elinkeinoelämän keskusliitto [EK] 2023). EU:ssa meriliikenteen päästövähennyksiä vauhditetaan liittämällä meriliikenteen päästöt asteittain osaksi päästökauppaa vuosina 2024–2026 (YM 2022) ja velvoittamalla uusiutuvien ja vähäpäästöisten polttoaineiden käyttöön meriliikenteessä (EK 2023). Päästövähennystoimet ovat kuitenkin pitkällä tähtäimellä välttämättömiä, joten niihin on todennäköisesti hyödyllisintä varautua ennakoivasti. Päästöjen vähentämisen on arvioitu lisäksi tuovan säästöjä esimerkiksi energiatehokkuuden seurauksena, ja pidemmällä aikavälillä parantunut alustehokkuus tuo kilpailuetua (Ghadge ym. 2020).

Vaikka ilmastonmuutos vähentää jääpeitteen esiintymistä Itämerellä, vaikeita jääolosuhteita on edelleen luvassa (SM 2023). **Talvimerenkulkuun ja jäänmurttoon** on arveltu liittyvän mahdollisia siirtymävaikutuksia (Hildén ym. 2016; Mäkelä ym. 2022), sillä talvimerenkulkuun soveltuvat alukset ovat raskaampia ja enemmän energiaa kuluttavia kuin avoveteen suunnitellut alukset, eli käytännössä niiden operatiiviset päästövähennyskeinot ovat rajallisemmat (Ojala ym. 2023).

Pelkästään tieliikenne aiheuttaa viidenneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Vuonna 2027 perustetaan uusi, erillinen tieliikenteen ja rakennusten päästökaupparjestelmä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2022). Liikenteen kestävyys siirtymässä tavoitellaan muun muassa **biopolttoaineiden osuuden nostamisesta**. On todennäköistä, että osa tästä perustuu tuontiraaka-aineisiin, joten ulkomaisten biopolttoaineiden raaka-aineiden tai biokomponenttien saatavuuteen liittyy huoltovarmuusriski. Näiden kohdalla tulisi pohtia

vastaavaa varastointivaihtoehtoa kuin fossiililla polttoaineilla. (Pöyry 2019.) Ongelmallista on myös se, että biopolttoaineiden tuotantomäärä- ja potentiaali on rajallista, eli samasta polttoaineesta kilpailevat meri-, tie- ja lentoliikenne (Ojala ym. 2023). Ilmastonmuutoksen eteneminen vaikeuttaa bioenergiakasvien tuotantoa eteläisessä Euroopassa ja samalla helpottaa tuotantoa pohjoisemmassa (EEA 2019b). Fossiilisten polttoaineiden on arveltu olevan jatkossakin merkittävässä roolissa liikenteen huoltovarmuudelle etenkin työkonien, raskaan liikenteen ja vesiliikenteen kohdalla. Sähköajoneuvojen toiminnan takaaminen häiriöissä on arvioitu haastavaksi. (AFRY 2021.)

Toimitusketjujen läpinäkyvyyteen liittyvien vaatimusten arvellaan tulevaisuudessa kiristyvän (Mundy & Temple-West 2024). Vaikka Suomi hiljattain oli mukana estämässä EU:n niin sanotun yritysvastuudirektiivin etenemisen, paine vastuullisuuskriteerien selkiyttämiseen ja noudattamiseen kasvaa niin viranomaisen, kuluttajien kuin yritystenkin taholta. Yritystoiminnan kestävää toimintaa koskevan huolettaisuudenvelvoitteen (Corporate Sustainability Due Diligence Directive, CSDDD) mukaan suurten yritysten tulee toimia ympäristön kannalta kestävästi koko arvoketjussaan, eli ”omassa, tytäryhtiöiden ja vakiintuneiden liikekumppaneidensa toiminnassa Euroopan sisällä sekä EU:n rajojen ulkopuolella” (TEM 2024). Toisaalta jotkut sidosryhmien edustajat suhtautuvat epäilevästi vastuullisuutta ja läpinäkyvyyttä vaativaan lainsäädäntöön ja pelkäävät sen lisäävän kustannuksia sekä vaikeuttavan tuotteiden saantia häiriöiden aikana (ks. West ym. 2022). Näin käy todennäköisimmin silloin, jos vastuullisuuskriteereihin ei ennalta varauduta.

Keskeisimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset logistiikalle

Ketjuuntuvat vaikutukset

- Sään ääri-ilmiöt häiritsevät aikaisempaa enemmän huoltovarmuuden kannalta tärkeiden yritysten toimitusketjuja, etenkin aiheuttamalla häiriöitä logistiikan solmukohdissa.
- Vaihtoehtoiset kuljetusreitit, viivästyneet rahdit ja vakuutusmaksujen nousu voivat aiheuttaa lisäkustannuksia yrityksille.
- Merenpinnan nousu uhkaa satamien ja varustamoiden toimintaa.
- Muuttuva ilmasto ja sään ääri-ilmiöiden aikainen äärimmäinen kuumuus tai kylmyys voivat hankaloittaa joidenkin tuotteiden ja raaka-aineiden käsittelyä ja toimituksia.
- Kiristynyt kansainvälinen ilmapiiri voi vaikeuttaa arvo- ja toimitusketjujen toimintavarmuuden ylläpitämistä.

Siirtymävaikutukset

- Meriliikenteeseen kohdistuvat hillintätoimet vaikuttavat rahtilaivojen käyttövoima- ja polttoainevalintoihin ja moottoriratkaisuihin sekä nostavat logistiikkakustannuksia.
- Talvimerenkäynnin päästöjen vähentäminen ja alusten jäissäkulkukyvyn yhteensovittaminen on haasteellista.
- Riippuvuus ulkomaisesta biopolttoaineista on huoltovarmuusriski.
- Toimitusketjujen läpinäkyvyyden vaatimukset voivat kasvaa tulevaisuudessa ja lisätä kustannuksia tai haitata toimitusvarmuutta, jos niihin ei varauduta ennalta.

3.5 Teollisuus

Huoltovarmuuden kannalta kriittisenä teollisuutena pidetään ainakin kemianteollisuutta, muovi- ja kumi-teollisuutta, metsäteollisuutta, rakennusteollisuutta sekä puolustusteollisuutta. Teollisuuden jatkuvuus edellyttää toimivaa energiahuoltoa ja logistiikkaa, kriittisiä raaka-aineita sekä esimerkiksi riittäviä investointeja tuotantolaitoksiin. (TEM 2022a.) Ne teollisuudenalat, jotka ovat riippuvaisia ulkomaisista raaka-aineista, ovat eniten alttiita ilmastomuutoksen ketjuuntuville vaikutuksille. Lisäksi ilmastomuutoksen hillintä vaatii laajaa tuotantomenetelmien muutosta. Kiristynyt geopoliittinen ilmapiiri voi puolestaan johtaa protektionistiseen kauppapolitiikkaan, mikä rajoittaa yritysten toimintaa. (Deloitte 2020.)

Ketjuuntuvat vaikutukset:

Mitä enemmän tuotanto on keskittynyt ja mitä pidempiä ja monimutkaisempia arvoketjut ovat, sitä enemmän teollinen tuotanto on haavoittuvainen esimerkiksi ilmastomuutoksen lisäämille **sään ääri-ilmiöiden vaikutuksille** (Hildén ym. 2016; myös Erkamo ym. 2021; Tuomenvirta ym. 2018). Yrityksille tehdyn kyselyn perusteella arvoketjujen toimintahäiriöistä ovat viime vuosina kärsineet eniten kone-teollisuuden ja kemianteollisuuden yritykset, mutta muillakin aloilla on huomattu vaikutuksia (Ali-Yrkkö ym. 2023b). Esimerkiksi Yhdysvalloissa puolijohdetuotantoa on jouduttu keskeyttämään myrskyjen vuoksi. Kiinassa kuivuus on vaikeuttanut autoteollisuuden ja kemianteollisuuden toimintaa niin merkittävästi, että maassa on turvauduttu säämuokkaukseen luomalla sateita hopeajodidin avulla. (Swanson & Bradsher 2022.) (Ks. myös kasvinsuojeluaineiden tuotannon keskittymisestä Kiinaan, osio 3.1.)

Esimerkiksi kemianteollisuuden kohdalla on spekuloitu, että toimitusketjujen näkökulmasta Suomi on syrjäinen maa, jolloin ilmastomuutoksen aiheuttamat logistiikka-reittien muutokset ja kustannusten nousu voivat heikentää Suomessa tuotettujen tuotteiden markkina-asemaa (Deloitte 2020). Viljeltyjen raaka-aineiden, kuten öljykasvien, tuotanto- ja toimitushäiriöitä voi syntyä sään ääri-ilmiöiden tai tuholaisien kautta (Mäkelä ym. 2022). Teknologiateollisuus voi kohdata saatavuusongelmia etenkin niissä komponenteissa, jotka tuotetaan Aasiassa (Mäkelä ym. 2022).

Maailman paheneva **vesipula** vaikuttaa monen teollisuudenalan toimintaan. Esimerkiksi kaivannaisteollisuus, akkuteollisuus, metsätalous, sellu-, paperi- ja kartonkiteollisuus sekä kemianteollisuus on todettu toimialoiksi, joiden vesivastuullisuutta eli kestävää veden käyttöä koko tuotantoketjun pituudelta tulisi kehittää. (MMM ym. 2023.) Vaikka päästöjä vähennettäisiin,

vuonna 2050 yli 70 prosenttia maailman koboltin ja litiumin tuotannosta voi silti altistua merkittäväälle, suurelle tai äärimmäiselle kuivuusriskille (PwC 2024). Suomeen tuotavien kriittisten raaka-aineiden ja tuotteiden tuotanto voi kärsiä veden puutteen lisääntyessä. Pula vedestä voi aiheuttaa kilpailua vesivaroista. Toisaalta se voi kannustaa teollisuutta keskittymään tuotteisiin, joiden valmistamiseen ei tarvita paljon vettä.

Ilmastomuutoksen eteneminen lisää **metsätuhojen** riskiä eri muodoissa, etenkin yhdistettynä yksipuoliseen ilmastomuutokselle herkän kuusen suosimiseen metsänkasvatuksessa (ks. Henttonen ym. 2021; Erkamo ym. 2021). Erilaiset tauti- ja tuholaisongelmat voivat yleistyä, ja esimerkiksi mäntyankeroisen löytyminen Suomesta voisi lopettaa väliaikaisesti havuraakapuun viennin ja aiheuttaa merkittäviä kustannuksia (Ruokavirasto 2021). Ketjuuntuvien vaikutusten kannalta on huomioitava, että merkittävä osa Suomen metsäteollisuuden tuotannosta sijaitsee ilmastomuutoksen suorille vaikutuksille alttiilla alueilla Etelä-Amerikassa ja Aasiassa. Jos näiden alueiden tuotanto-olosuhteet huonontuvat, näkyy se suomalaisten yritysten kannattavuuden laskuna. (Hildén ym. 2016.) On tunnustettu, että ilmastomuutoksen aiheuttamista metsien tuotavuuden menetyksistä tarvitaan lisää tutkimusta (ks. Perrels ym. 2022). Tuontiriippuvuutta liittyy metsissä jonkin verran käytettävään lannoitetyppeen (esim. Järvenranta ym. 2022).

Siirtymävaikutukset:

Teollisuuden päästöjen vähentäminen on osoittautunut erittäin suureksi haasteeksi, ja esimerkiksi raudan, teräksen, sementin, öljyn, kaasun ja kemikaalien tuotannon päästöjen on arveltu lähivuosisikymmeninä edelleen kasvavan (Larsen ym. 2023). Samaan aikaan paine säännellä ilmastopäästöjä entistä tarkemmin kasvaa. Puhtaaseen tuotantoon siirtyminen lisää lyhyellä aikavälillä kustannuksia monella alalla (Erkamo ym. 2021), mutta toimettomuus tulisi yhteiskunnan kannalta vielä kalliimmaksi (esim. WMO 2024). Siirtymään liittyy myös taloudellisia mahdollisuuksia, sillä esimerkiksi teknologia- ja kemianteollisuus ovat tärkeässä roolissa ilmastomuutoksen torjunnassa puhtaan teknologian ja hiilidioksidin talteenoton kehittäjinä sekä kierto-talouden mahdollistajina. Kysyntä erilaisille kierto-taloustratkeuksille lisääntyy eri aloilla, ja vähäpäästöisten teknologioiden markkinat ovat valtavat. Siksi niiden kehittämiseen olisi taloudellisesti kannattavaa sijoittaa mahdollisimman etupainotteisesti. (Deloitte 2020; myös TEM 2022b.) Myös työvoiman saatavuus ja osaamistaso tulisi varmistaa etupainotteisesti johdonmukaisella koulutuspolitiikalla.

Eri alojen sähköistymiseen ja esimerkiksi akkuteollisuuden tarvittaviin **raaka-aineisiin voi liittyä globaalia**

kilpailua ja pulaa (Erkamo ym. 2021; Mäkelä ym. 2022; ks. myös IEA 2024b; IEA 2024c). Materiaalisiin reuna-ehtoihin keskittyneissä tutkimuksissa on arvioitu, että energiasiirtymään ja liikenteen sähköistämiseen liittyy merkittäviä pullonkauloja. Esimerkiksi mineraalien määrää, jota tarvitaan polttomoottoriautojen korvaamiseen sähköautoilla, on joidenkin tutkimusten mukaan reilusti aliarvioitu. Samalla korvaamisen aikatauluun liittyy haasteita, sillä uusien mineraaliesiintymien löytäminen ja kaivosten avaaminen on hidas prosessi. Lisäksi akkujen elinkaari on suhteellisen lyhyt, minkä vuoksi niitä pitää joko kierrättää nykyistä tehokkaammin tai valmistaa lisää uusista raaka-aineista. (Michaux 2021.) Pitkällä aikavälillä kuparista, litiumista ja koboltista arvellaan tulevan pulaa markkinoilla energiasiirtymän edetessä (IEA 2024c; ks. myös European Commission 2020).

Eurooppa pyrkii myös **vähentämään kriittisiä** raaka-aineita ja teknologioita koskevia **riippuvuuksia** (Euroopan unionin neuvosto 2024). Erityisesti Kiinan suuri merkitys joidenkin raaka-aineiden tuottajana tai teknologioiden valmistajana on todettu uhkaksi (European Commission 2020). Toisaalta ilman kiinalaista tuotantoa vihreä siirtymä voi tulla maksamaan enemmän ja viivästyttämään ilmastomuutoksen kannalta kriittisesti (ks. Mccarthy 2024).

Kiristyneessä geopolittisessä ilmapiirissä suuremmat valtiot voivat vaikuttaa muiden maiden huoltovarmuuden kannalta kriittisten yritysten toimintaan eri tavoin: painostamalla, erilaisilla kannustimilla ja sanktioilla tai strategisilla yrityskaupoilla. Esimerkiksi energiasiirtymälle välttämättömän kriittisen teknologian kautta voi syntyä riippuvuuksia, jotka liittyvät laitteiden tai niiden osien toimituksiin tai ylläpitoon. (Mattlin ym. 2023.) Energiasiirtymälle tärkeiden puolijohteiden tuotanto uhkaa muuttua geopolittiseksi pelikentäksi (Teer & Bertolini 2022). Myös paikalliset konfliktit esimerkiksi Afrikassa uhkaavat joidenkin energiasiirtymän näkökulmasta tärkeiden materiaalien tuotantoa. Esimerkiksi Gabon on maailman toiseksi suurin sähköautoihin tarvittavan mangaanin tuottaja, mutta tuotanto-olosuhteet ovat vaarantuneet vuoden 2023 sotilasvallankaappauksen myötä (Hendrix 2023).

Teollisuuspolitiikasta keskustellaan tällä hetkellä aktiivisesti Suomessa (esim. Brotherus 2024; Hartikainen 2024; Sutinen 2024). Muualla maailmassa teollisuuspolitiikkaa sovelletaan jo aktiivisesti, ja esimerkiksi Yhdysvallat ohjaa Inflation Reduction Act (IRA) -lakipaketilla vihreälle teollisuudelle 369 miljardia dollaria. Euroopassa järjestelmällisin vihreää siirtymää edistävä politiikka on toistaiseksi jäänyt pääasiassa EU:n vihreän kehityksen ohjelmaan (European Green Deal) (esim. BIOS 2023), joskin hiljattain EU myös salli poikkeuksellisia muutoksia valtiontukipolitiikkaan (Di Sario 2024;

Valtioneuvosto 2023). Esimerkiksi Ranska ja Saksa ovat panostaneet vihreän teräksen, vihreän vedyn, akkuteollisuuden ja mikrosirujen tuotantoon (esim. Luoma 2024). Suomi on puolestaan toivonut valtiontukipolitiikasta luopumista ja samalla vastustanut Euroopan laajuista teollisuuspolitiikkaa (Sutinen 2024). Hiljattain kuitenkin esimerkiksi EK on esittänyt, että Eurooppatasoinen, vihreää siirtymää edistävä rahasto olisi parempi vaihtoehto kuin maiden välinen kilpailu (Hartikainen 2024). Eri maiden ja maanosien kauppapolitiikka tulee määrittämään sitä, miten nopeasti ja hallitusti kestävyysmurrosta voidaan toteuttaa (ks. BIOS 2023).

Euroopassa suuret teollisuus- ja energiantuotantolaitokset kuuluvat päästökaupan piiriin, jossa niillä täytyy olla päästöoikeus jokaista ilmakehään päästettyä hiilidioksiditonnia varten (esim. Hiilamo 2022b). Päästökauppa on laajentumassa ja kiristymässä, ja sitä täydennetään **hiilirajamekanismilla** (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) eli niin sanotuilla hiilitulleilla. Mekanismin tarkoituksena on ehkäistä ”hiilivuotoa” eli päästöjen ohjautumista Euroopan ulkopuolelle. Lisäksi päästöoikeuksien ilmaisjako poistuu asteittain niiltä sektoreilta, joita uusi hiilirajamekanismi koskee, eli muun muassa terästeollisuudelta, kemianteollisuudelta, metsäteollisuudelta ja suurilta energia-alan toimijoilta.

Hiilirajamekanismi voi muuttaa suomalaisen teollisuuden raaka-aineiden kustannuksia ja toimitusreittejä, kun Euroopan ulkopuolisten hankintojen hinnat kohoavat. Huoltovarmuuden kannalta sen vaikutuksia on siten tarpeellista ennakoida. Vihreää teknologiaa hyödyntävillä toimijoilla on hiilitullien myötä entistä suurempi mahdollisuus parantaa omaa kilpailukykyään vähentämällä päästöjään. (Eromäki & Väisänen 2022.) Euroopan ulkopuoliset toimijat ovat toisaalta kritisoineet Euroopan hiilirajamekanismia siitä, että se uhkaa esimerkiksi Afrikan ja Lähi-idän teollista kehitystä ja saattaa lopulta hinnoitella tuotteet pois maailmanmarkkinoilta (ks. Knaepen & Vajpeyi 2022). Vaarana on myös nähty, että EU:n kauppakumppanit ryhtyisivät mahdollisesti vastatoimiin esimerkiksi nostamalla Euroopan tarvitsemien raaka-aineiden hintaa (Deloitte 2020; Hiilamo 2022c).

EU:n päätöksenteko tunnistaa enenevässä määrin tieteellisen konsensuksen siitä, että **maankäyttösektori** vaikuttaa ilmastopäästöihin ja että se ei ole ilmastopolitiikan ulkopuolella. Suomessa metsillä on suuri rooli sekä luontokadon että ilmastomuutoksen hillinnässä, ja metsien talouskäytön tulisi toteutua niiden asettamissa rajoissa (ks. Forsius ym. 2024; myös Berninger ym. 2022; Kotiaho ym. 2021a). Tuoreiden selvitysten mukaan ojitetuista suometsistä on tulossa Suomen suurin päästölähde, mikä uhkaa jo Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamista (Ikävalko 2024a; 2024b; Silfver ym. 2024)

Keskeisimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset teollisuudelle:

Ketjuuntuvat vaikutukset:

- Ilmastonmuutos lisää arvoketjujen toimintahäiriöitä monella teollisuudenalalla.
- Maailman paheneva vesipula vaikuttaa esimerkiksi kaivannaisteollisuuteen, metsäteollisuuteen ja kemianteollisuuteen, joilla veden kestävä käyttöä tulisi kehittää koko tuotantoketjun varrella.
- Metsätuhoriskit etenkin Etelä-Amerikassa ja Aasiassa voivat vaikuttaa suomalaisiin metsäyrityksiin.

Siirtymävaikutukset:

- Lisääntyvä hillintäpolitiikka tuo sekä haasteita että mahdollisuuksia monelle teollisuudenalalle.
- Sähköistymiseen ja esimerkiksi akkuteollisuuden tarvittaviin kriittisiin raaka-aineisiin tai komponentteihin voi liittyä globaalia kilpailua. Toisaalta pyrkimykset omavaraisuuteen voivat kriittisesti hidastaa vihreää siirtymää.
- Kiristyneessä geopoliittisessa ilmapiirissä yrityksistä voi tulla sekä painostuksen kohteita että välineitä strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi valtiollisille toimijoille.
- Sekä Suomen että muiden maiden tai maanosien teollisuus- ja kauppapolitiikka tulee määrittämään sen, miten nopeasti ja hallitusti kestävyys siirtymää voidaan toteuttaa.
- Hillintäpolitiikan kiristyminen vaikuttaa esimerkiksi teräs-, kemian- ja metsäteollisuuden Suomessa.
- Hiilirajamekanismi voi muuttaa suomalaisen teollisuuden raaka-aineiden kustannuksia ja toimitusreittejä.
- Maankäyttösektorin hillintätoimet Euroopassa todennäköisesti lisääntyvät.

3.6 Terveysthuolto

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan terveysthuoltojen kysyntään, resurssihin, työvoimaan ja infrastruktuurin toimivuuteen (Rychetnik ym. 2019). Kuten monet muutkin tärkeät yhteiskunnan toiminnot, sosiaali- ja terveysthuolto on riippuvainen sähköön saannista, sujuvista toimitusketjuista ja toimivista tietojärjestelmistä (TEM 2022a). Lisäksi etenkin pitkittyneet kriisitilanteet, kuten koronapandemia, ovat tuoneet entistä paremmin näkyviin sen, miten kriittistä terveysthuoltoa on sen henkilöstön määrä ja jaksaminen (esim. Mäntylä & Hirvonen 2022). Lääkkeet, lääkinnälliset laitteet, hoitotarvikkeet ja diagnostiset tarvikkeet sekä laajemmin terveysthuollon teknologia ovat terveysthuollon materiaalsen huoltovarmuuden kannalta oleellisia (TEM 2022a; Meriläinen ym. 2021). Kriittisiä riippuvuuksia voi liittyä esimerkiksi mikrobilääkkeisiin, rokotteisiin, elintarvikehygieniaan, juomavesihuoltoon ja jätevesisanitointiin (ks. Eskola 2017). Koronapandemian perusteella vaikuttaa siltä, että yksityinen sosiaali- ja terveysthuolto ei ole kovin aktiivisesti mukana varautumiseen ja huoltovarmuuteen liittyvissä yhteistyöverkostoissa (Hanhinen & Rintala 2021). Sote-sektori on arvioinut muita aloja heikommin sekä suoria että epäsuoria ilmastonmuutoksen vaikutuksia (ks. Mayer ym. 2020).

Ketjuuntuvat vaikutukset:

Lääkkeiden tuotantoketjujen haavoittuvuus kasvaa ilmastonmuutoksen myötä. Ilmastonmuutoksen suorille vaikutuksille alttiilla alueilla Intiassa ja Kiinassa tuotetaan monien lääkkeiden raaka-aineita (Mäkelä ym. 2022). Näin ollen ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat haitata esimerkiksi antibioottien raaka-aineisiin liittyviä tuotantoketjuja (Mattlin ym. 2023), mikä voi vaikuttaa sekä ihmisten että eläinten terveyteen Suomessa (Ruokavirasto 2021). Ensijaisesti käytettävien mikrobilääkkeiden saatavuudessa on ajoittain ollut häiriöitä, jolloin on siirrytty muihin valmisteisiin. Tällaisissa tapauksissa resistenssin kehittymisen riski on suurempi (Ruokavirasto 2021). Mikrobilääkeresistenssi on vakava globaali ja alati paheneva ongelma, ja on arveltu, että jo vuonna 2050 siihen kuolee enemmän ihmisiä kuin syöpään (Watt 2016).

Teollinen elintarviketuotanto tarvitsee ulkomailta tuotavia kriittisiä tuotteita ja materiaaleja, jotka liittyvät elintarvikehygieniaan ja siten myös ihmisten terveyteen (Eskola 2017; Knuuttila & Vatanen 2015; Rinne ym. 2021). Esimerkiksi pakkausmateriaalit sekä puhdistus- ja desinfiointikemikaalit takaavat elintarvikkeiden turvallisuuden. Näiden saatavuuteen voi liittyä esimerkiksi logistisia häiriöitä, mikä voisi haitata turvallisen ruoan tuotantoa Suomessa. Aasiaan ja etenkin Kiinaan on

keskittynyt esimerkiksi **kuitukankaiden** tuotanto, jota käytetään muun muassa sairaalatyöntekijöiden työvaatetuksessa (Smithers 2021; Suominen 2023). Sään ääri-ilmiöt voivat haitata myös kuitukankaan tuotantoa.

Uusien tartuntatautiin ilmaantumisen todennäköisyyden on arvioitu kasvavan ilmastonmuutoksen ja luontokadon edetessä. Ilmaston lämpeneminen auttaa myös jo tunnettuja tartuntatauteja kantavia hyönteis- ja eläinlajeja levittäytymään uusille alueille. (Esim. Carlson ym. 2022; Mahon ym. 2024; Marani ym. 2021; Marcolin ym. 2024.) Kuten koronapandemia osoitti, pandemia voi uhata yhteiskunnan kaikkien alojen toimintaa ja huoltovarmuutta etenkin työvoiman saatavuuden tai rajoitustoimenpiteiden kautta (Räisänen 2023). Koronapandemian yhteydessä nähtiin lukuisia logistisia ongelmia eri aloilla.

Ilmaston lämpeneminen uhkaa lukuisten ihmisten terveyttä. Ruoantuotannon heikentyminen monilla alueilla johtaa vajeavaruuteen. Kaikilla maailman alueilla **äärimmäiset helleaalot** ovat jo aiheuttaneet aikaisempaa enemmän kuolleisuutta. Mitä enemmän maailman ilmasto lämpenee, sitä suuremmilla alueilla ja useammin lämpötilan ja kosteuden yhdistelmä saavuttaa ihmiselle hengenvaarallisen tason. (Ks. IPCC 2023.) Suurin osa ilmastoon ja säähän liittyvistä kuolemista myös Euroopassa liittyy helleaaloihin (European Parliamentary Research Service 2022). Pelkästään vuoden 2022 ennätyskuuma kesä on yhdistetty 60 000-70 000 ennenaikaiseen kuolemaan Euroopassa (EEA 2024). Samalla ruoan ja veden välityksellä leviävät taudit sekä tartuntataudit ovat lisääntyneet. Äärimmäiset sääilmiöt aiheuttavat trauma ja niistä selviytyneille. (IPCC 2023.)

Vaaralliset lämpötilat yhdistettynä mahdollisesti heikentyvään ruoantuotantoon, nousevaan merenpintaan, sään ääri-ilmiöihin ja ympäristöön liittyviin konflikteihin voivat ajaa yhä suuremmissa määrin ihmisiä pois nykyisiltä asuinalueiltaan (IPCC 2023; Kummu ym. 2021; Prokula ym. 2021). Historiallisesti tarkasteltuna suurin osa muuttoliikkeestä on tapahtunut maiden sisällä tai lähi-alueilla. Lämpenemisen edetessä kuitenkin yhä suurempi **osa ilmastomuuttoliikkeestä** voi kohdistua myös Suomeen, ja sen on arveltu kuormittavan esimerkiksi terveysthuoltoja (Mäkelä ym. 2022) ja muita perusthuoltoja ja viranomaisia (Hildén ym. 2016). Euroopan sisäistä muuttoliikettä voi tapahtua myös aikaisempaa enemmän etelästä pohjoiseen. Vaikka terveys- ja sosiaaliturvajärjestelmät kuormittuisivat hetimitäin, pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna Suomen on arveltu hyötyvän maahanmuuttajista heidän integroituaan osaksi esimerkiksi työeläkejärjestelmää (Deloitte 2020).

Siirtymävaikutukset

Kuten muutakin yhteiskuntaa, myös terveydenhuoltoa koskee laitteiston, tilojen ja hoitokäytäntöjen ympäristöystävällisyyden tavoittelemisen palvelutuotannon päästöjen vähentämiseksi. Terveyssektori muodostaa noin 5 prosenttia kansallisesta hiilijalanjäljestä (Mayer ym. 2020).

Ilmastonmuutos voi lisätä yhteiskunnallista **eriarvoistumista** Suomessa, sillä eri ihmisryhmillä on erilainen kyky sopeutua sen vaikutuksiin. Kaikilla ei ole mahdollisuutta tehdä erityisesti investointeja vaativia toimia. (Juhola ym. 2020.) Eri väestöryhmien sopeutumiskykyä alentavat muun muassa köyhyys, teknologisen kyvykkyiden rajoitteet, sosiopoliittiset arvot ja eriarvoisuus, institutionaalisen kapasiteetin puutteet sekä tietovajeet. Lisäksi ilmastonmuutoksen hillintä voi vaikuttaa epätasaisesti eri väestöryhmiin. (Mayer ym. 2020; Meriläinen ym. 2021.) Kuten todettu, epäoikeudenmukaisuuden kokemukset esimerkiksi energiasiirtymään liittyen voivat heikentää hillintätoimien legitimitettiä ja tehokkuutta (Hakala ym. 2021). (Ks. oikeudenmukaisuudesta myös osiossa 3.2.)

Keskeisimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset terveydenhuollolle:

Ketjuuntuvat vaikutukset:

- Ilmastonmuutos voi lisätä lääkkeiden, lääkinnällisten laitteiden ja terveydenhuollossa käytettävien materiaalien tuotantoketjujen häiriöitä.
- Uusien tartuntatautien riski lisääntyy ilmastonmuutoksen ja luontokadon edetessä.
- Ilmastonmuutos heikentää ihmisten terveyttä laajoilla alueilla, mikä voi lisätä globaalia muuttoliikettä, josta osa voi kohdistua myös Suomeen.

Siirtymävaikutukset:

- Ilmastonmuutos voi voimistaa yhteiskunnallista eriarvoistumista, kun eri ihmisryhmillä on erilainen kyky sopeutua sen vaikutuksiin.

Lähteet

- Ackerman, Frank & Elizabeth A. Stanton (2008). *The Cost of Climate Change: What We'll Pay if Global Warming Continues Unchecked*. New York: Natural Resources Defense Council. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/cost.pdf>.
- Adams, Kevin M., Magnus Benzie & Simon Croft (2021). *Climate change, trade, and global food security: a global assessment of transboundary climate risks in agricultural commodity flows*. SEI report. Stockholm: Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/publications/climate-change-trade-global-food-security/>. DOI: 10.51414/sei2021.009.
- AFRY (2021). *Öljy ja kaasu energiantuotannossa tulevaisuudessa: Loppuraportti Huoltovarmuuskeskukseen, Öljypoolille ja Maakaasujaostolle*. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/ff6dd1f7e1a808f1edd7a9a0538cf13fde8ccbbd/oljy-ja-kaasu-energiantuotannossa-tulevaisuudessa-loppuraportti-23.11.2021-1.pdf>.
- Agarwala, Matthew, Matt Burke, Patrycja Klusak, Kamiar Mohaddes, Ulrich Volz & Dimitri Zenghelis (2021). Climate change and fiscal sustainability: risks and opportunities. *National Institute Economic Review*. 258, 28–46. <https://www.cambridge.org/core/journals/national-institute-economic-review/article/climate-change-and-fiscal-sustainability-risks-and-opportunities/17671C36B7066012DF999BB4B073CE5D>. DOI: 10.1017/nie.2021.37.
- Ali-Yrkkö, Jyrki, Matthias Deschryvere, Heli Koski & Tero Kuusi (2023a). *Yritysten selviytymiskyky kriisien keskellä*. ETLA Muistio No 130. ETLA. <https://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-130.pdf>.
- Ali-Yrkkö, Jyrki, Johannes Hirvonen & Mika Pajarinen (2023b). *Ovatko globaalit arvoketjut muuttumassa?* ETLA Raportti No 135. <https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-135.pdf>.
- Bailey, Rob & Laura Wellesley (2017). *Chokepoints and Vulnerabilities in Global Food Trade*. Chatham House Report. The Royal Institute of International Affairs. <https://www.chathamhouse.org/2017/06/chokepoints-and-vulnerabilities-global-food-trade>.
- Barquet, Karina, Mathilda Englund, Katarina Inga, Karin André & Lisa Segnestam (2023). *Conceptualizing multiple hazards and cascading effects on critical infrastructures*. <https://www.sei.org/publications/hazards-and-effects-on-critical-infrastructures/>.
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu & J.P. Palutikof (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>.
- Becker, Austin, Adolf K.Y. Ng, Darryn McEvoy & Jane Mullett (2018). Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains. *WIREs Climate Change*. 9(2), e508. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.508>.
- Benzie, Magnus, Johanna Hedlund & Henrik Carlsen (2016). *Introducing the Transnational Climate Impacts Index: Indicators of country-level exposure – methodology report*. Working Paper 2016-07. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/publications/transnational-climate-impacts-index/>.
- Benzie, Magnus, Oskar Wallgren & Marion Davis (2013). *Adaptation without borders?: How understanding indirect impacts could change countries' approach to climate risks*. Stockholm Environment Institute. <https://www.jstor.org/stable/resrep00378>.
- Berninger, Kati, Frida Lager, Tara Botnen Holm, Oras Tynkkynen, Richard J.T. Klein, Carlo Aall, Amica Dristig, Helena Määttä & Adriaan Perrels (2022). *Nordic perspectives on transboundary climate risk: current knowledge and pathways for action*. Nordic Council of Ministers. <https://www.sei.org/publications/nordic-perspectives-transboundary-climate-risk/>.
- Bertolozzi-Caredio, Daniele, Simone Severini, Guillaume Pierre, Cinzia Zinnanti, Ralph Rustom, Eleonora Santoni & Antonio Bubbico (2023). *Risks and vulnerabilities in the EU food supply chain*. JRC Publications Repository. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135290>. DOI: 10.2760/171825.
- Bilal, Adrien & Diego R. Känzig (2024). *The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature*. Working Paper. National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w32450>. DOI: 10.3386/w32450.
- BIODIFUL (2024). *Luonnon köyhtyminen vaarantaa turvallisuutemme. Poliittikkasuositus 1*. <https://biodiful.fi/wp-content/uploads/2024/02/BIODIFUL-poliittikkasuositus-turvallisuus-2024.pdf>.

BIOS (2023). Teollisuuspolitiikka ja eurooppalainen kestävyysmurros. (22.5.2023). *BIOS*. <https://bios.fi/teollisuus-politiikka-ja-eurooppalainen-kestavyysmurros/>.

de Bolle, Monica (2024). The Panama Canal may dry up because of Amazon deforestation. (31.1.2024). *Peterson Institute for International Economics*. <https://www.piie.com/blogs/realtime-economics/2024/panama-canal-may-dry-because-amazon-deforestation>.

Bolton, Patrick, Morgan Despres, Luiz Awazu Pereira da Silva, Frédéric Samama & Romain Svartzman (2020). *The green swan: Central banking and financial stability in the age of climate change*. Bank for International Settlements. <https://www.bis.org/publ/othp31.pdf>.

Brotherus, Juhana (2024). Yritystukien välttäminen olisi Suomen edun mukaista. (11.3.2024). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/mielipide/art-2000010279159.html>.

Cafiero, Giorgio (2023). Will oil prices rise after Red Sea shipping curbs amid Houthi attacks? (16.12.2023). *Al Jazeera*. <https://www.aljazeera.com/features/2023/12/16/analysis-what-do-houthi-attacks-in-the-red-sea-mean-for-oil-prices>.

Carlson, Colin J., Gregory F. Albery, Cory Merow, Christopher H. Trisos, Casey M. Zipfel, Evan A. Eskew, Kevin J. Olival, Noam Ross & Shweta Bansal (2022). Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature*. 607(7919), 555–562. <https://www.nature.com/articles/s41586-022-04788-w>. DOI: 10.1038/s41586-022-04788-w.

Challinor, Andy J., W. Neil Adger, Tim G. Benton, Declan Conway, Manoj Joshi & Dave Frame (2018). Transmission of climate risks across sectors and borders. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 376(2121), 20170301. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2017.0301>. DOI: 10.1098/rsta.2017.0301.

Copernicus (2023). OBSERVER: Record-Breaking Marine Heatwaves in the Mediterranean and Safeguarding Marine Ecosystems | Copernicus. (3.8.2023). News. <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-record-breaking-marine-heatwaves-mediterranean-and-safeguarding-marine>.

Crippa, M., D. Guizzardi, F. Pagani, M. Banja, M. Muntean, E. Schaaf, W. Becker, ym. (2023). *GHG emissions of all world countries*. Publications Office of the European Union. doi:10.2760/953322.

Dasgupta, Partha (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/602e92b2e90e07660f807b47/The_Economics_of_Biodiversity_The_Dasgupta_Review_Full_Report.pdf.

Deloitte (2020). *Ilmastonmuutoksen vaikutukset suomalaiseen elinkeinoelämään – skenaariotyön taustaraportti*. Deloitte selvitys Elinkeinoelämän keskusliitolle. Deloitte. https://ek.fi/wp-content/uploads/2020/07/Ilmastonmuutoksen-vaikutukset-suomalaiseen-elinkeinoelamaan_Deloitte_EK_raportti_tammikuu-2020_FINAL.pdf.

Di Sario, Federica (2024). EU finalizes green tech bill, responding to US effort. (6.2.2024). *POLITICO*. <https://www.politico.eu/article/europe-net-zero-industry-act-climate-change-green-technology/>.

Diffenbaugh, Noah S. & Marshall Burke (2019). Global warming has increased global economic inequality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 116(20), 9808–9813. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1816020116>. DOI: 10.1073/pnas.1816020116.

Ditlevsen, Peter & Susanne Ditlevsen (2023). Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation. *Nature Communications*. 14(1), 4254. <https://www.nature.com/articles/s41467-023-39810-w>.

Dong, Kevin, Mallie Prytherch, Lily McElwee, Patricia Kim, Jude Blanchette & Ryan Hass (2024). *China's Food Security: Key Challenges and Emerging Policy Responses*. Center for Strategic & International Studies. <https://www.csis.org/analysis/chinas-food-security-key-challenges-and-emerging-policy-responses>.

Dorninger, Christian, Alf Hornborg, David J. Abson, Henrik von Wehrden, Anke Schaffartzik, Stefan Giljum, John-Oliver Engler, Robert L. Feller, Klaus Hubacek & Hanspeter Wieland (2021). Global patterns of ecologically unequal exchange: Implications for sustainability in the 21st century. *Ecological Economics*. 179, 106824. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106824.

Douville, H., K. Raghavan, J. Renwick, R.P. Allan, P.A. Arias, M. Barlow, R. Cerezo-Mota, ym. (2021). Water Cycle Changes. V Masson-Delmotte, P Zhai, A Pirani, S L Connors, C Péan, S Berger, N Caud, ym. (toim.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1055–1210. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter08.pdf.

Duma, Daniel & Miquel Muñoz Cabré (2023). *Risk mitigation and transfer for renewable energy investments: A conceptual review*. SEI Report. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2023/08/risk-mitigation-transfer-investments.pdf>.

Dwyer, Orla (2024). Analysis: How do the EU farmer protests relate to climate change? (5.2.2024). *Carbon Brief*. <https://www.carbonbrief.org/analysis-how-do-the-eu-farmer-protests-relate-to-climate-change/>.

Elinkeinoelämän keskusliitto [EK] (2023). EU:n päästökauppa laajenee meriliikenteeseen vuonna 2024. (01.11.2023). *Elinkeinoelämän keskusliitto*. <https://ek.fi/ajankohtaista/uutiset/eun-paastokauppa-laajenee-meriliikenteeseen-vuonna-2024/>.

Elonen, Piia (2023). Valtavia aurinkovoimaloita ilman selviä pykälä – ”Lähinnä odotan tässä ihmettä tai lakimuutosta”. (31.12.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010068370.html>.

Erkamo, Sanna, Karoliina Pilli-Sihvola, Atte Harjanne & Heikki Tuomenvirta (2021). *Ilmastoturvallisuus ja Suomi: Katsaus ilmastonmuutoksen turvallisuusriskeihin Suomen näkökulmasta*. Raportteja 2021:4. Ilmatieteen laitos. <https://helda.helsinki.fi/items/c236eafc-4b5b-404e-b53d-fa1fb1b8aeeb>.

Eromäki, Veikko & Miina Väisänen (2022). EU:n päästökauppa uudistuu ilman armoa – ”Viime yönä on päätetty siitä, että saastuttaja maksaa”, sanoo Suomen edustaja. (18.12.2022). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20009257>.

Eskola, Juhani (2017). Väestön toimintakyky ja palvelut. Jari Kielenniva, Mika Hyytiäinen, Heikki Hovi, Christian Fjäder, Jyri Raitasalo, Kimmo Himberg, & Jouni Mölsä (toim.), *Turvallinen Suomi 2018 – Tietoja Suomen kokonaisturvallisuudesta*. Turvallisuuksomitea, 103–116. <https://turvallisuuksomitea.fi/turvallinen-suomi-2018-tietoa-suomen-kokonaisturvallisuudesta/>.

Euroopan parlamentti (2022a). Metsäkadon syyt ja metsäkadon torjunta EU:ssa. (06.12.2022). *Euroopan parlamentti: Ajankohtaista*. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20221019STO44561/metsakadon-syyt-ja-metsakadon-torjunta-eu-ssa>.

—(2022b). Uudet säännöt puuttuvat EU:n maailmalla aiheuttamaan metsäkatoon. (13.09.2022). *Euroopan parlamentti: Ajankohtaista*. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20220909IPR40140/uudet-saannot-puuttuvat-eu-n-maailmalla-aiheuttamaan-metsakatoon>.

Euroopan unionin neuvosto (2024). EU:n kriittisiä raaka-aineita koskeva säädös EU:n tulevien toimitusketjujen tueksi. (24.5.2024). *Euroopan unionin neuvosto*. <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/critical-raw-materials/>.

European Commission (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study*. European Union. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf.

European Environment Agency [EEA] (2019a). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. EEA Report No 4/2019. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>.

—(2019b). *Adaptation challenges and opportunities for the European energy system: Building a climate-resilient low-carbon energy system*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EEA Report No 1/2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-energy-system>.

—(2024). *European Climate Risk Assessment: Executive summary*. EEA Report No 1/2024. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment>. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Parliamentary Research Service (2021). *Towards a more resilient Europe post-coronavirus: Options to enhance the EU's resilience to structural risks*. European Union. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU\(2021\)659437](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU(2021)659437).

—(2022). *Future Shocks 2022: Addressing risks and building capabilities for Europe in a contested world*. European Union. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/729374/EPRS_STU\(2022\)729374_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/729374/EPRS_STU(2022)729374_EN.pdf).

Federal Reserve (2024). *Pilot Climate Scenario Analysis Exercise: Summary of Participants' Risk-Management Practices and Estimates*. <https://www.federalreserve.gov/publications/files/csa-exercise-summary-20240509.pdf>.

Finnish Economic Policy Council (2024). *Economic Policy Council Report 2023*. <https://talouspolitiikanarviointineuvosto.fi/wp-content/uploads/2024/01/EPC-Report-2023.pdf>.

Fjäder, Christian (2017). Talous, infrastruktuuri ja huoltovarmuus. Jari Kielenniva, Mika Hyytiäinen, Heikki Hovi, Jyri Raitasalo, Kimmo Himberg, Juhani Eskola, & Jouni Mölsä (toim.), *Turvallinen Suomi 2018: tietoja Suomen kokonaisturvallisuudesta*. Helsinki: Turvallisuuksomitea, 87–102.

- Flavelle, Christopher, Jill Cowan & Ivan Penn (2023). Climate Shocks Are Making Parts of America Uninsurable. It Just Got Worse. (31.5.2023) *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2023/05/31/climate/climate-change-insurance-wildfires-california.html>.
- Forsius, Martin, Risto Heikkinen, Virpi Junttila, Johanna Kangas, Anna-Kaisa Kosenius, Sonja Kivinen, Heini Kujala, ym. (2024). *Luonto- ja ilmastotavoitteet metsissä - miten niihin päästään? : IBC-Carbon-hankkeen tutkimustulosten yhteenvedo ja tutkimuspohjaisia suosituksia*. Eija Järvinen (toim.). Suomen ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/items/4a32fff7-62e4-48c1-8569-81824457abaf>.
- Forzieri, Giovanni, Alessandra Bianchi, Filipe Batista e Silva, Mario A. Marin Herrera, Antoine Leblois, Carlo Lavallo, Jeroen C. J. H. Aerts & Luc Feyen (2018). Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change*. 48, 97–107. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017304077>. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007.
- Ghadge, Abhijeet, Hendrik Wurtmann & Stefan Seuring (2020). Managing climate change risks in global supply chains: a review and research agenda. *International Journal of Production Research*. 58(1), 44–64. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629670>.
- GRAIN (2024). Expanding markets, undermining food sovereignty: 10 years of China's Belt and Road. (25.1.2024). <https://grain.org/en/article/7093-expanding-markets-undermining-food-sovereignty-10-years-of-china-s-belt-and-road>.
- Haapkylä, Jessica (2023). AMOC-merivirran hidastuminen huolestuttaa tutkijoita. *Suomen Luonto*. 7/2023. <https://suomenluonto.fi/uutiset/amoc-merivirran-hidastuminen-huolestuttaa-tutkijoita/>.
- Haddad, Andrew Z., Lukas Hackl, Bilen Akuzum, Garrett Pohlman, Jean-François Magnan & Robert Kostecki (2023). How to make lithium extraction cleaner, faster and cheaper — in six steps. *Nature*. 616(7956), 245–248. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-00978-2>.
- Hakala, Emma (2023). *Climate change and security: Preparing for various impacts*. FIIA Briefing paper 369. Finnish Institute of International Affairs. <https://www.fia.fi/julkaisu/climate-change-and-security>.
- Hakala, Emma, Sanna Erkamo, Juha Pyykönen, Heikki Tuomenvirta, Oras Tynkkynen, Kati Berninger & Antto Vihma (2021). *Ilmastonmuutos ja Suomen turvallisuus: Uhat ja varautuminen kokonaisturvallisuuden toimintamallissa*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:52. Valtioneuvoston kanslia. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163384>.
- Hakala, Emma, Ville Lähde, Antti Majava, Tero Toivanen, Tere Vadén, Paavo Järvensivu & Jussi T. Eronen (2019a). A Lot of Talk, But Little Action—The Blind Spots of Nordic Environmental Security Policy. *Sustainability*. 11(8), 2379. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/8/2379>. DOI: 10.3390/su11082379.
- (2019b). Northern Warning Lights: Ambiguities of Environmental Security in Finland and Sweden. *Sustainability*. 11(8), 2228. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/8/2228>. DOI: 10.3390/su11082228.
- Hanhinen, Sari & Taina Rintala (2021). *Tarkastusmuistio: Terveysturvallisuuden huoltovarmuus*. 10/2021 Huoltovarmuus ja sen turvaaminen covid-19-pandemian aikana. Valtiontalouden tarkastusvirasto. <https://www.vtv.fi/app/uploads/2021/06/VTV-Tarkastusmuistio-10-2021-Terveysturvallisuuden-huoltovarmuus.pdf>.
- Hanski, Jyri, Susanna Horn, Jachym Judl, Marjaana Karhu, Päivi Kivikytö-Reponen, Panu Lintinen & Bo Långbacka (2021). *Digitalisaatio ja luonnonvarat*. Toni Eerola & Pasi Eilu (toim.). GTK:n tutkimustyöraportti 53/2021. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/53_2021.pdf.
- Happonen, Päivi (2024). Olkiluoto 3:n pitkä huoltokatkos nostaa sähkön hintaa, kertoo Energiategollisuus – kysymme, miksi huolto tehdään nyt. (3.3.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20077424>.
- Harjanne, Atte & Janne M. Korhonen (2019). Abandoning the concept of renewable energy. *Energy Policy*. 127, 330–340. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518308280>. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.12.029.
- Hartikainen, Jarno (2024). EK muutti mielensä valtiontukien suhteen: haluaa jopa 500 miljardin euron rahaston investointien houkutteluun. (9.2.2024). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010215591.html>.
- Hasegawa, Tomoko, Gen Sakurai, Shinichiro Fujimori, Kiyoshi Takahashi, Yasuaki Hijioka & Toshihiko Masui (2021). Extreme climate events increase risk of global food insecurity and adaptation needs. *Nature Food*. 2(8), 587–595. <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00335-4>. DOI: 10.1038/s43016-021-00335-4.
- Hendrix, Cullen S. (2023). Political unrest in Africa threatens global critical mineral supplies and their futures. (19.9.2023). *Peterson Institute for International Economics*. <https://www.piie.com/research/piie-charts/political-unrest-africa-threatens-global-critical-mineral-supplies-and-their-futures>.

Henttonen, Helena, Kari T. Korhonen, Pekka Nöjd & Annika Kangas (2021). VMI summaa metsiä koskevat valinnat ja niiden seuraukset. (17.5.2021). *Luonnonvarakeskus*. <https://www.luke.fi/fi/blogit/vmi-summaa-metsia-koskevat-valinnat-ja-niiden-seuraukset>.

Hiilamo, Elli-Alina (2022a). Suomalaiset saattavat pian joutua muuttamaan ruokatottumuksiaan – syynä on sota ja Suomen riippuvuus venäläisistä lannoitteista. (10.3.2022). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/3-12352181>.

—(2022b). Päästöoikeus kallistui, ja se näkyy sähkön hinnassa – ilmastopolitiikan kulmakivi toimii vihdoin niin kuin on tarkoitus, mutta samalla syntyi huoli. (18.2.2022) *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/3-12316854>.

—(2022c). EU on ottamassa käyttöön ennennäkemättömän ilmastotoimen – tästä hiilitulleissa on kyse. (14.12.2022) *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20008658>.

Hildén, Mikael, Fanny Groundstroem, Timothy R. Carter, Mikko Halonen, Adriaan Perrels & Hilppa Gregow (2016). *Ilmastomuutoksen heijastevaikutukset Suomeen*. Raportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2016; Valtioneuvoston kanslia. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79783>.

Hildén, Mikael, Hannu Huuki, Visa Kivisaari & Maria Kopsakangas-Savolainen (2018). The importance of transnational impacts of climate change in a power market. *Energy Policy*. 115, 418–425. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151830048X>. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.01.039.

Hildén, Mikael, Glada Lahn, Timothy R. Carter, Richard J.T. Klein, Ilona M. Otto, Benjamin Pohl, Christopher P.O. Reyer & Fabien Tondel (2020). *Cascading climate impacts: A new factor in European policy-making*. CASCADES. <https://www.sei.org/publications/cascading-climate-impacts-new-factor/>.

Hillebrand Pohl, Jens (2023). Suomi on sotilaallisesti vahva mutta geotaloudellisesti haavoittuvainen. (14.7.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/mielipide/art-2000009714571.html>.

Hoff, Holger, Adrian Monjeau, Jorge Gomez-Paredes, Federico Frank, Sofia Rojo, Arunima Malik & Kevin Adams (2019). *International spillovers in SDG implementation: The case of soy from Argentina*. SEI policy brief. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/publications/spillovers-sdg-implementation-soy-argentina/>.

Horton, Helena (2022). UK farmers count cost as heatwave kills fruit and vegetable crops. (1.8.2022). *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2022/aug/01/uk-farmers-count-cost-as-heatwave-kills-fruit-and-vegetable-crops>.

Hukkinen, Janne I. (2022). Ilmastohätätilaan sopeutuminen edellyttää strategisia kriisipäätöksiä. (22.3.2022). *Politiikasta*. <https://politiikasta.fi/ilmastohatatailaan-sopeutuminen-edellyttaa-strategisia-kriisipaatoja/>.

Huoltovarmuuskeskus (2024). Logistiikka 2030. *Huoltovarmuuskeskus*. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/huoltovarmuusorganisaatio/huoltovarmuuskeskus/4962-2/logistiikka-2030/>.

Ikävalko, Kari (2024a). Tutkijoiden arviot varoittavat: Ojitetuista turvemetsistä tulossa pian selvästi suurin ilmastopäästölähde. (21.3.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20079412>.

—(2024b). Suomen 2035 hiilineutraalisuus voi jäädä vain tavoitteeksi – tutkijoiden uudessa arviossa tavoite karkaa kauas. (22.2.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20071510>.

Imperial College London (2024). What is El Niño and how is it influenced by climate change? <https://www.imperial.ac.uk/grantham/publications/climate-change-faqs/what-is-el-nino/>.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2023). Summary for Policymakers. Core Writing Team, H Lee, & J Romero (toim.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC, 1–34. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.

International Council for the Exploration of the Sea [ICES] (2021). Why are herring in the Western Baltic Sea producing less and less offspring? (22.12.2021). *The International Council for the Exploration of the Sea: News*. <https://www.ices.dk/news-and-events/news-archive/news/Pages/FEATURE-ARTICLE---WesternBalticHerring.aspx>.

International Energy Agency [IEA] (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>.

—(2024a). *Managing the Seasonal Variability of Electricity Demand and Supply – Analysis*. <https://www.iea.org/reports/managing-the-seasonal-variability-of-electricity-demand-and-supply>.

—(2024b). *Batteries and Secure Energy Transitions*. International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf>.

—(2024c). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>.

International Panel of Experts on Sustainable Food Systems [IPES-Food] (2024). *Land Squeeze: What is driving unprecedented pressures on global farmland and what can be done to achieve equitable access to land?* <https://ipes-food.org/wp-content/uploads/2024/05/LandSqueeze.pdf>.

International Renewable Energy Agency [IRENA] (2019). *Demand side flexibility for power sector transformation*. <https://www.irena.org/publications/2019/Dec/Demand-side-flexibility-for-power-sector-transformation>.

Ivanovich, Catherine C., Tianyi Sun, Doria R. Gordon & Ilissa B. Ocko (2023). Future warming from global food consumption. *Nature Climate Change*. 13(3), 297–302. <https://www.nature.com/articles/s41558-023-01605-8>. DOI: 10.1038/s41558-023-01605-8.

Jansik, Csaba, Heli Huuskonen, Maija Karhapää, Marjo Keskitalo, Jarkko Leppälä, Jyrki Niemi, Olli Niskanen, Sini Perttilä & Marketta Rinne (2021). *Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit: Kriiseihin varautuminen ruokahuollon turvaamisessa*. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/547961>.

Jay, A.K., A.R. Crimmins, C.W. Avery, T.A. Dahl, R.S. Dodder, B.D. Hamlington, A. Lustig, ym. (2023). Overview: Understanding risks, impacts, and responses. A R Crimmins, C W Avery, D R Easterling, K E Kunkel, B C Stewart, & T K Maycock (toim.), *Fifth National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 1–470. <https://doi.org/10.7930/NCA5.2023.CH1>.

Juhola, Sirkku, Timo Lanki, Päivi Meriläinen, Virpi Kollanus, Fanny Groundstroem, Janina Käyhkö & Marja Järvelä (2020). *Sopeutumisen suuntaviivat ilmastopolitiikassa*. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2020. https://ilmastopaneeli.fi/hallinta/wp-content/uploads/2020/08/Ilmastopaneeli_sopeutumismuistio.pdf.

Järvenranta, Kirsi, Petri Kapuinen, Marjo Keskitalo, Sanna Kykkänen, Hannu Känkänen, Sari Luostarinen, Pasi Mattila, ym. (2022). *Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Synteesiraportti*. Eeva Vainio (toim.). Luonnonvarakeskus (Luke). <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551964>.

Kaaronen, Roope, Mikael Manninen, Emery Roe, Janne Hukkinen & Jussi Eronen (2021). Lessons for human survival in a world without ecological templates: what can we learn from small-scale societies? *Ecology and Society*. 26(3). <https://www.ecologyandsociety.org/vol26/iss3/art2/>. DOI: 10.5751/ES-12476-260302.

Kaipainen, Minna (2022). Venäjän hyökkäyksen tuomaan lannoitepulaan olisi yksinkertainen ratkaisu, mutta raaka-aine päättyy Suomessa kaatopaikoille – kierrätys on liian kallista. (1.4.2022). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/3-12385980>.

Kansallisen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelman valmisteluryhmä ja sihteeristö (2023). *Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelmasta vuoteen 2030: Hyvinvointia ja turvallisuutta muuttuvassa ilmastossa*. Maa- ja metsätalousministeriö (toim.). Valtioneuvoston julkaisuja 2023:73. Valtioneuvosto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165337>.

Karagiannis, Georgios Marios, Stamatios Chondrogiannis, Elisabeth Krausmann & Zehra Irem Turksezer (2017). *Power grid recovery after natural hazard impact*. Joint Research Centre (European Commission). <https://data.europa.eu/doi/10.2760/87402>.

Kaukovirta-Norja, Anu, Anna Leinonen, Mirja Morkkila, Nina Wessberg & Jarkko Niemi (2015). *Tiekartta Suomen proteiiniomavaraisuuden parantamiseksi*. Teknologian tutkimuskeskus VTT. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/531664>.

Kauppi, Katri (2021). Korona ja konttipula ovat vasta alkusoittoa – ilmastomuutos hankaloittaa yritysten logistiikkaa radikaalisti. (27.10.2021). *MustRead*. <https://www.mustread.fi/artikkelit/korona-ja-konttipula-ovat-vasta-alkusoittoa-ilmastonmuutos-hankaloittaa-yritysten-logistiikkaa-radikaalisti/>.

Keskitalo, Marjo (2021). Kylvösiemenet. Csaba Jansik, Heli Huuskonen, Maija Karhapää, Marjo Keskitalo, Jarkko Leppälä, Jyrki Niemi, Olli Niskanen, Sini Perttilä, & Marketta Rinne (toim.), *Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit: Kriiseihin varautuminen ruokahuollon turvaamisessa*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2021. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 10–31.

Kilfoyle, Michelle (2022). Climate change: what are the economic impacts and potential solutions? *Economics Observatory*. <https://www.economicsobservatory.com/climate-change-what-are-the-economic-impacts-and-potential-solutions>.

King, Richard (2022). Exploring the cascading impacts from climate shocks to chokepoints in global food trade. Chatham House. *Resource Trade*. <https://resourcetrade.earth/publications/cascading-impacts-from-climate-shocks-to-food-trade-chokepoints>.

Knaepen, Hanne & Isha Vajpeyi (2022). *European responses to transboundary climate impacts and insecurity*. Cascades. <https://www.cascades.eu/publication/european-responses-to-transboundary-climate-impacts-and-insecurity/>.

Knuuttila, Marja & Eero Vatanen (2015). *Elintarvikemarkkinoiden tuontiriippuvuus*. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/530860>.

Kokkonen, Yrjö & Sari Taussi (2024). Pelätty 1,5 asteen lämpeneminen kävi toteen – tutkimuslaitos pitää "varoituksena ihmiskunnalle". (8.2.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20073531>.

Kotiaho, Janne S., Lassi Ahlvik, Jaana Bäck, Jani Hohti, Jukka Jokimäki, Kirsi Pauliina Kallio, Tarmo Ketola, ym. (2021a). *Metsäluonnon turvaava suojelun kohdentaminen Suomessa*. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2021/4. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/79108>.

Kotiaho, Janne, Lassi Ahlvik, Christoffer Boström, Jaana Bäck, Irina Herzon, Jukka Jokimäki, Kirsi Pauliina Kallio, ym. (2021b). *Keskeiset keinot luontokadon pysäyttämiseksi: Luontopaneelin viestit hallituksen puoliväliriiheen*. Suomen luontopaneeli. <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/04/luontopaneelin-kannanotto-2-2021-keskeiset-keinot-luontokadon-pysayttamiseksi.pdf>. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2/2021DOI: 10.17011/jyx/SLJ/2021/2.

Kotz, Maximilian, Anders Levermann & Leonie Wenz (2024). The economic commitment of climate change. *Nature*. 628(8008), 551–557. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07219-0>. DOI: 10.1038/s41586-024-07219-0.

Kuhmonen, Irene (2023). Imprisoned by the regime?: Farmer agency and farm resilience in the making of a sustainable food system. Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/92139>.

Kummu, Matti, Matias Heino, Maija Taka, Olli Varis & Daniel Viviroli (2021). Climate change risks pushing one-third of global food production outside the safe climatic space. *One Earth*. 4(5), 720–729. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332221002360>. DOI: 10.1016/j.oneear.2021.04.017.

Kyttä, Venla, Terho Hyvönen & Merja Saarinen (2023). Land-use-driven biodiversity impacts of diets—a comparison of two assessment methods in a Finnish case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 28(9), 1104–1116. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02201-w>. DOI: 10.1007/s11367-023-02201-w.

Langenbrunner, Baird (2021). Water, water not everywhere. *Nature Climate Change*. 11(8), 650–650. <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01111-9>. DOI: 10.1038/s41558-021-01111-9.

Larsen, Kate, Hannah Pitt, Mahmoud Mobir, Shweta Movalia, Alfredo Rivera, Emma Rutkowski, Marie Tamba, Kelly McCusker & Trevor Houser (2023). *Rhodium Climate Outlook: Probabilistic Projections of Energy, Emissions, and Global Temperature Rise*. Rhodium Group. <https://rhg.com/research/rhodium-climate-outlook-2023/>.

Lassila, Anni (2023). Vihreän siirtymän investointihankkeita jo yli 200 miljardin edestä, vasta kahdeksan miljardia varmasti toteumassa. (12.10.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009918705.html>.

Lehikoinen, Elina, Tuure Parviainen, Juha Helenius, Mika Jalava, Arto O. Salonen & Matti Kummu (2019). Cattle Production for Exports in Water-Abundant Areas: The Case of Finland. *Sustainability*. 11(4), 1075. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/4/1075>. DOI: 10.3390/su11041075.

Lehikoinen, Aleksi, Juha Aalto, Christoffer Boström, Johan Ekroos, Irina Herzon, Kari Hyytiäinen, Simo Häyrynen, ym. (2023). *Maatalousalueiden luonnon monimuotoisuuden edistämisen keinot ja hyödyt Suomessa*. Suomen luontopaneeli. <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2024/06/suomen-luontopaneelin-julkaisuja-2a-2024-maatalousalueiden-luonnon-monimuotoisuus.pdf>.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2022). Tieliikenteen ja rakennusten, meriliikenteen sekä lentoliikenteen päästökaupasta alustava sopu EU:ssa. (21.12.2022). *Liikenne- ja viestintäministeriö*. <https://lvm.fi/-/tieliikenteen-ja-rakennusten-meriliikenteen-seka-lentoliikenteen-paastokaupasta-alustava-sopu-eu-ssa-1896289>.

Lise, Wietze & Jeroen van der Laan (2015). Investment needs for climate change adaptation measures of electricity power plants in the EU. *Energy for Sustainable Development*. 28, 10–20. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082615000587>. DOI: 10.1016/j.esd.2015.06.003.

Lund, Peter (2023). *Oikeudenmukainen energiasiirtymä aluetasolla*. Suomen ilmastopaneeli. Suomen ilmastopaneelin julkaisuja 2/2023. Muistio.

Luoma, Raimo (2024). *Analyysi EU:n valtiontuista – eväitä Suomen isoihin valintoihin*. Elinkeinoelämän keskusliitto. https://ek.fi/wp-content/uploads/2024/02/EK_LUOMA_Analyysi-EUn-valtiontuista_FINAL.pdf.

Luonnonvarakeskus [Luke] (2023a). Puun tuontimäärä ja metsäteollisuuden viennin arvo pienenivät vuonna 2022. (4.4.2023). *Luonnonvarakeskus*. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/puun-tuontimaara-ja-metsateollisuuden-viennin-arvo-pienenivat-vuonna-2022>.

—(2023b). Kotimaisen tuotannon suhde kulutukseen. (21.8.2023). *Luonnonvarakeskus*. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit/agrikaattori-maaseutuohjelman-indikaattorit-20142020/kotimaisen-tuotannon-suhde-kulutukseen>.

—(2023c). Suomen viljantuotanto luo perustaa kotimaiselle ruualle – vilja-, maito- ja lihatuotteina. (15.9.2023). *Luonnonvarakeskus*. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/suomen-viljantuotanto-luo-perustaa-kotimaiselle-ruualle-vilja-maito-ja-lihatuotteina>.

Lång, Kristiina, Lasse Aro, Aino Assmuth, Emmi Haltia, Seppo Hellsten, Tuula Larmola, Hanna Lempinen, ym. (2022). *Turvamaiden käytön vaihtoehdot hiilineutraalissa Suomessa*. Suomen ilmastopaneeli. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551764>.

Lähde, Ville (2021). Mitä Dasguptan raportti sanoo luonnosta ja taloudesta? (5.3.2021). *BIOS*. <https://bios.fi/dasguptan-raportti/>.

—(2024). Keikahtavatko Atlantin merivirrat uuteen tilaan? (20.2.2024). *BIOS*. <https://bios.fi/keikahtavatko-atlantin-merivirrat-uuteen-tilaan/>.

Lähde, Ville, Tere Vadén, Tero Toivanen, Paavo Järvensivu & Jussi T. Eronen (2023). The crises inherent in the success of the global food system. *Ecology and Society*. 28(4). <https://ecologyandsociety.org/vol28/iss4/art16/>. DOI: 10.5751/ES-14624-280416.

Maa- ja metsätalousministeriö [MMM] (2024). Puupolttoaineet energian tuotannossa. *Maa- ja metsätalousministeriö*. <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puun-energiakaytto>.

Maa- ja metsätalousministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö, Ulkoministeriö, Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus (2023). *Vesivastuullisuuden kansallinen edistäminen: Toimintasuunnitelma 2023–2025*. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:48. Valtioneuvosto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164955>.

Mahon, Michael B., Alexandra Sack, O. Alejandro Aleuy, Carly Barbera, Ethan Brown, Heather Buelow, David J. Civitello, ym. (2024). A meta-analysis on global change drivers and the risk of infectious disease. *Nature*. 629(8013), 830–836. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07380-6>. DOI: 10.1038/s41586-024-07380-6.

Majava, Antti, Tere Vadén, Tero Toivanen, Paavo Järvensivu, Ville Lähde & Jussi T. Eronen (2022). Sectoral low-carbon roadmaps and the role of forest biomass in Finland's carbon neutrality 2035 target. *Energy Strategy Reviews*. 41, 100836. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22000360>. DOI: 10.1016/j.esr.2022.100836.

Marani, Marco, Gabriel G. Katul, William K. Pan & Anthony J. Parolari (2021). Intensity and frequency of extreme novel epidemics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 118(35), e2105482118. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2105482118>. DOI: 10.1073/pnas.2105482118.

Marcolin, Lara, Andrea Tonelli & Moreno Di Marco (2024). Early-stage loss of ecological integrity drives the risk of zoonotic disease emergence. *Journal of The Royal Society Interface*. 21(215), 20230733. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2023.0733>. DOI: 10.1098/rsif.2023.0733.

Mattlin, Mikael, Shaun Breslin, Elina Sinkkonen, Liisa Kauppila, Björn Cappelin, Ines Söderström & Matt Ferchen (2023). *Enhancing small state preparedness*. Finnish Institute of International Affairs. FIIA Report 74. <https://www.fii.fi/en/publication/enhancing-small-state-preparedness>.

Mayer, Minna, Samuli Manu, Kirsi Siltanen, Marko Nurminen, Jere Talvitie, Susanna Haanpää & Chris Smith (2020). *Ilmastonmuutos ja sosiaali- ja terveyssektori*. SOSTE Suomen Sosiaali ja terveys ry. <https://www.soste.fi/wp-content/uploads/2020/06/SOSTE-julkaisu-2020-Ilmastonmuutos-ja-sosiaali-ja-terveyssektori.pdf>.

Mccarthy, Rory (2024). Not made in China: the US\$6 trillion cost of shifting the world's clean-tech manufacturing hub. (12.2.2024). *Wood Mackenzie*. [https://www.woodmac.com/news/opinion/not-made-in-china-the-us\\$6-trillion-cost-of-shifting-the-worlds-clean-tech-manufacturing-hub/](https://www.woodmac.com/news/opinion/not-made-in-china-the-us$6-trillion-cost-of-shifting-the-worlds-clean-tech-manufacturing-hub/).

Merikanto, Joonas, Risto Makkonen, Laura Thölix, Petteri Uotila, Yulia Yamineva, Hanna Lappalainen & Hilppa Gregow (2024). *Ilmaston keikahduspisteiden merkitys Suomelle: Uusin tieto Atlantin meridionaalisen kierron (AMOC) mahdollisesta pysähtymisestä sekä sitä ehkäisevistä ilmastotoimista*. Poliitikkasuositus, 27.5.2024. ACCC. https://www.acccflagship.fi/wp-content/uploads/Tipping_points_Policy_Brief_suomi.pdf.

Meriläinen, Päivi, Mikko Paunio, Virpi Kollanus, Jaana Halonen, Jouni Tuomisto, Suvi Virtanen, Sakari Karvonen, ym. (2021). *Ilmastomuutos sosiaali- ja terveyssektorilla – Sosiaali- ja terveysministeriön ilmastomuutokseen sopeutumisen suunnitelma (2021–2031)*. Sosiaali- ja terveysministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163160>.

Michaux, Simon P. (2021). *Assessment of the Extra Capacity Required of Alternative Energy Electrical Power Systems to Completely Replace Fossil Fuels*. Geologian tutkimuskeskus. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/42_2021.pdf.

Moser, Susanne C. & Juliette A. Finzi Hart (2015). The long arm of climate change: societal teleconnections and the future of climate change impacts studies. *Climatic Change*. 129(1), 13–26. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1328-z>. DOI: 10.1007/s10584-015-1328-z.

Mundy, Simon & Patrick Temple-West (2024). What the drive for cleaner capitalism will look like in 2024. (3.1.2024). <https://www.ft.com/content/d98a1a6f-3aba-4b89-98c6-cda9773857cc>.

Mäkelä, Antti, Tapio Tourula, Heikki Tuomenvirta, Pauli Jokinen, Terhi Laurila, Ari-Juhani Punkka, Minna Huuskonen, Tuomo Bergman & Hannu Valta (2022). *Ilmastomuutoksen vaikutuksia Suomen huoltovarmuudelle*. Ilmatieteen laitos. <http://hdl.handle.net/10138/352762>.

Mäntylä, Juha-Matti & Saara Hirvonen (2022). Korona on ruuhkauttanut sairaaloita Uudellamaalla sekä Turun ja Tampereen seudulla – muuallakin paine kasvaa. (6.1.2022). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/3-12260978>.

Mäntylä, Juha-Matti & Virpi Hukkanen (2023). Yle selvitti: Vetyhankkeiden piti tuoda Suomeen paljon töitä ja rahaa, mutta nyt moni projekti yhtäkkiä sakkaa. (20.12.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20065871>.

NATO (2024). *Climate Change and Security Impact Assessment. Third Edition*. The Secretary General's Report. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2024/7/pdf/240709-Climate-Security-Impact.pdf

Nieminen, Iiro-Matti (2023). Kiina tiukentaa sähköautojen akuissa käytettävän grafiitin vientirajoituksia. (20.10.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009936564.html>.

Niinivuo, Samuli (2023). Maailman suurin merikontteja kuljettava yhtiö lopettaa Suezin kanavan käytön. (16.12.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010063239.html>.

Niskanen, Olli (2021). Väkilannoitteet. Csaba Jansik, Heli Huuskonen, Maija Karhapää, Marjo Keskitalo, Jarkko Leppälä, Jyrki Niemi, Olli Niskanen, Sini Perttilä, & Marketta Rinne (toim.), *Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit: Kriiseihin varautuminen ruokahuollon turvaamisessa*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2021. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 32–37.

Ortamo, Simo (2023). Venäjä vetäytyi Mustanmeren viljasopimuksesta – tätä se tarkoittaa. (17.7.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20041354>.

Osipova, Elsa (2024). Tärkeiden merivirtojen hiipuminen Atlantilla voi johtaa ilmastokatastrofiin, varoittavat tutkijat. (10.2.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20073944>.

Pantzar, Minna (2023). Suomi on nyt sähköomavarainen – näin se näkyy hinnassa. (27.12.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20065984>.

Pelli, Petja (2023). Liian halvan sähkön seuraus: Tuulivoimavyörylle voi tulla äkkipysähdys. (1.10.2023). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009883990.html>.

Pequeno, Diego N. L., Ixchel M. Hernández-Ochoa, Matthew Reynolds, Kai Sonder, Anabel MoleroMilan, Richard D. Robertson, Marta S. Lopes, Wei Xiong, Martin Kropff & Senthold Asseng (2021). Climate impact and adaptation to heat and drought stress of regional and global wheat production. *Environmental Research Letters*. 16(5), 054070. <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/abd970>. DOI: 10.1088/1748-9326/abd970.

Perrels, Adriaan, Juha Haakana, Outi Hakala, Susanna Kujala, Ilona Láng-Ritter, Heikki Lehtonen, Jussi Lintunen, ym. (2022). *Kustannusarvointi ilmastomuutokseen liittyvästä toimimattomuudesta*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:37; Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Pihlajaniemi, Mari (2023). EU:n ennallistamisasetuksen kohtalo näyttää, mitä populismi tekee ympäristöpolitiikalle. (8.11.2023). *Long Play*. <https://www.longplay.fi/lyhyet/eu-n-ennallistamisasetuksen-kohtalo-nayttaa-mita-populismi-tekee-ymparistopolitiikalle>.

Pilli-Sihvola, Karoliina, Atte Harjanne & Riina Haavisto (2018). Adaptation by the least vulnerable: Managing climate and disaster risks in Finland. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 31, 1266–1275. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420917301619>. DOI: 10.1016/j.ijdr.2017.12.004.

- Pizarro, J., B. Sainsbury, J. H. Hodgkinson & B. Loechel (2018). Climate change vulnerability assessment for the uranium supply chain in Australia. *Progress in Nuclear Energy*. 109, 53–65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149197018301756>. DOI: 10.1016/j.pnucene.2018.07.009.
- Polte, Patrick, Tomas Gröhsler, Paul Kotterba, Lena von Nordheim, Dorothee Moll, Juan Santos, Paco Rodriguez-Tress, Yury Zablotzki & Christopher Zimmermann (2021). Reduced Reproductive Success of Western Baltic Herring (*Clupea harengus*) as a Response to Warming Winters. *Frontiers in Marine Science*. 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.589242>.
- Prokkola, Eeva-Kaisa, Saija Niemi, Élise Lépy, Jaana Palander, Outi Kulusjärvi & Päivi Lujala (2021). *Climate migration: Towards a better understanding and management : Finland and a Global Perspective*. Prime Minister's Office. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163182>.
- PwC (2023). State of Climate Tech 2023: Investment analysis. (17.10.2023). PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/esg/state-of-climate-tech-2023-investment.html>.
- (2024). *Climate risks to nine key commodities: Protecting people and prosperity*. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/esg/people-and-prosperity-at-risk.pdf>
- Pöyry (2019). *Huoltovarmuus energiamurroksessa: Raportti Huoltovarmuuskeskuksesta*. Loppuraportti. https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/f4f69b682d52266d80ce67a1228afb06dbf81fc7/huoltovarmuus_energiamurroksessa.pdf.
- Repka, Sari, Lauri Ojala, Jukka-Pekka Jalkanen, Minna Alhasalo, Janne Niemi, Riitta Pönttynen, Tomi Solakivi, ym. (2017). *Merenkulun kansainvälisen ilmasto- ja ympäristösäätelyn vaikutukset Suomen elinkeinoelämälle*. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 55/2017.
- Rinne, Marketta, Sini Perttilä & Maija Karhapää (2021). Kotieläintuotannon panokset. Csaba Jansik, Heli Huuskonen, Maija Karhapää, Marjo Keskitalo, Jarkko Leppälä, Jyrki Niemi, Olli Niskanen, Sini Perttilä, & Marketta Rinne (toim.), *Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit: Kriiseihin varautuminen ruokahuollon turvaamisessa*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2021. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 48–65.
- Ritvanen, Ilkka (2023). ”Se olisi meille katastrofi” – Niiralan rajanylityspaikan sulkeminen voi tehdä ison loven Suomen lannoitetuotantoon. (20.11.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20061199>.
- Ronkainen, Anna, Helena Korpela & Kalle Schönberg (2023). Itä-Suomessa iloitaan tuulivoimaselvityksen tuomista hyvistä uutisista – Liperin kunnanjohtaja: ”Pääsemme samalle riville muun Suomen kanssa”. (15.3.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20022570>.
- Ruokavirasto (2021). *Ruokaviraston lausunto: Turvallisuusriskit muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa ja globalisaatiossa*. Tulevaisuusvaliokunta keskiviikko 17.02.2021 klo 09.00 / VNS 4/2020 vp / Asiantuntijapyyntö. Tulevaisuusvaliokunta. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2021-AK-350839.pdf>.
- Rüttinger, Lukas, Raquel Munayer, Pia van Ackern & Florian Titze (2022). The nature of conflict and peace: *The links between environment, security and peace and their importance for the United Nations*. Gland: WWF International; Berlin: adelphi consult GmbH. https://climate-diplomacy.org/sites/default/files/2022-05/WWF-adelphi_The%20Nature%20of%20Conflict%20and%20Peace_mid%20res_0.pdf.
- Rychetnik, Lucie, Peter Sainsbury & Greg Stewart (2018). How Local Health Districts can prepare for the effects of climate change: an adaptation model applied to metropolitan Sydney. *Australian Health Review*. 43(6), 601–610. <https://www.publish.csiro.au/ah/AH18153>. DOI: 10.1071/AH18153.
- Rytteri, Susu, Johan Ekroos, Irina Herzon, Mikko Kuussaari & Aleksi Lehikoinen (2024). *Maatalousluonnon monimuotoisuutta edistävät ja heikentävät tekijät Suomessa*. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2B/2024. Suomen luontopaneeli. <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2024/06/suomen-luontopaneelin-julkaisu-ja-2b-2024-maatalousluonnon-monimuotoisuus.pdf>.
- Räisänen, Helmi (2024). *Reimagining crisis management: Preparedness imagination in an era of chronic socio-ecological crises*. Doctoral dissertation, Helsinki: University of Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/items/b2af7e90-d49a-4721-898b-698f1fbd93be>.
- Räisänen, Helmi, Jussi T. Eronen & Janne I. Hukkinen (2023). Imagining the next pandemic: Finnish preparedness for chronic transboundary crises before and during COVID-19. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*. 14(3), 226–246. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rhc3.12271>. DOI: 10.1002/rhc3.12271.

Räisänen, Helmi, Emma Hakala, Jussi T. Eronen, Janne I. Hukkinen & Mikko J. Virtanen (2021). Comprehensive Security: The Opportunities and Challenges of Incorporating Environmental Threats in Security Policy. *Politics and Governance*. 9(4), 91–101. <https://www.cogitatiopress.com/politicsandgovernance/article/view/4389>. DOI: 10.17645/pag.v9i4.4389.

Sanastokeskus (2017). *Kokonaisturvallisuuden sanasto*. Sanastokeskus TSK ry. https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2018/02/Kokonaisturvallisuuden_sanasto.pdf. TSK 50.

Sarajärvi, Roosa, Tiia Korhonen, Laura Valta & Helmi Soininvaara (2024). Huippukallis sähkö on pakottanut suuryrityksetkin miettimään, mistä säästää sähköä. (6.1.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20068026>.

Saure, Sara (2023). Oliiviöljy maksoi Kreikassa vitosen litralta, nyt ennakoidaan jo 20:tä euroa – ateenalaisperheen piti opetella uudet kokkaustavat. (14.11.2023). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20057902>.

Schuh, B., A. Maucorps, A. Münch, S. Brkanovic, J. Dwyer, M. Vigani, A. Khafagy, ym. (2019). *The EU farming employment: current challenges and future prospects*. Research for AGRI Committee. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/629209/IPOL_STU\(2019\)629209_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/629209/IPOL_STU(2019)629209_EN.pdf).

Seppälä, Jyri, Tero Heinonen, Antti Kilpeläinen, Heli Peltola, Timo Pukkala, Matti Sihvonen, Sampo Soimakallio, Sally Weaver, Timo Vesala & Markku Ollikainen (2022). *Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt*. Suomen ilmastopaneelin raportti 3/2022. DOI: 10.31885/9789527457122.

Siddi, Marco & Kristiina Silvan (2023). *Russia and Kazakhstan in the global nuclear sector: From uranium mining to energy diplomacy*. FIIA Briefing Paper 371. Finnish Institute of International Affairs. https://www.fiia.fi/wp-content/uploads/2023/10/bp371_russia-and-kazakhstan-in-the-global-nuclear-sector.pdf.

Sihto, Heikki (2024). Tuulen tuomaa – onko halpa sähkö Suomelle bulkkituote ja ansa? *Demokraatti*. 30.3.2024. <https://demokraatti.fi/tuulen-tuomaa-onko-halpa-sahko-suomelle-bulkkituote-ja-ansa/>.

Silfver, Tarja, Jyrki Aakkula, Markus Haakana, Soili Haikarainen, Hannu Hirvelä, Jari Hynynen, Juha Mikola, ym. (2024). *Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelun päivitys*. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554539>.

Sipilä, Olli, Satu Lyyra, Nikita Semkin, Jenni Patronen, Eeva Kaura, Esa Sipilä, Jukka Kopra, Veli-Pekka Tynkkynen, Katri Pynnöniemi & Sakari Höysniemi (2017). *Energia, huoltovarmuus ja geopolittiset siirtymät*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 79/2017. Valtioneuvoston kanslia. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160406>.

Sisäministeriö [SM] (2023). *Kansallinen riskiarvio 2023*. Sisäministeriön julkaisuja 2023:4. Sisäministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164627>.

Sivill, Leena, Marika Bröckl, Nikita Semkin, Antti Ruismäki, Henriikka Pilpola, Olli Laukkanen, Hannele Lehtinen, Saana Takamäki, Petri Vasara & Jenni Patronen (2022). *Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:21. Valtioneuvoston kanslia. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163901>.

Smith, Kathryn E., Michael T. Burrows, Alistair J. Hobday, Nathan G. King, Pippa J. Moore, Alex Sen Gupta, Mads S. Thomsen, Thomas Wernberg & Dan A. Smale (2023). Biological Impacts of Marine Heatwaves. *Annual Review of Marine Science*. 15(1), 119–145. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032122-121437>. DOI: 10.1146/annurev-marine-032122-121437.

Smithers (2021). Pandemic disruption to nonwoven supply chain forcing industry adaptation, research from Smithers shows. (2021). *Smithers*. <https://www.smithers.com/resources/2021/april/covid-disruption-nonwoven-supply-chain-adaption>.

Springmann, Marco, Michael Clark, Daniel Mason-D'Croz, Keith Wiebe, Benjamin Leon Bodirsky, Luis Lassale, Wim de Vries, ym. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*. 562(7728), 519–525. <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0594-0>. DOI: 10.1038/s41586-018-0594-0.

STT (2024). Britannia aikoo alkaa tuottaa kehittyntä uraanipolttoainetta, jota on nykyisellään tarjolla vain Venäjällä. (7.1.2024). *Yle Uutiset*. <https://yle.fi/a/74-20068138>.

Suomen ilmastopaneeli (2022). Maankäyttösektorin nettonielua on vahvistettava kiireellisesti. (25.5.2022). Tiedote. *Suomen ilmastopaneeli*. <https://www.ilmastopaneeli.fi/tiedotteet/maankayttosektorin-nettonielua-on-vahvistettava-kiireellisesti/>.

Suominen, Emmi (2023). The Soaring Growth of Nonwoven Production in China. (7.11.2023). *TAMK International*. <https://blogs.tuni.fi/tamk-international/rdi/the-soaring-growth-of-nonwoven-production-in-china/>.

Sutinen, Teija (2024). Kiistely EU:n yhteisrahastosta kiihtyy – Ville Niinistön mukaan hallitus nukkuu onnensa ohi vastustuksellaan. (10.4.2024). *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/politiikka/art-2000010345775.html>.

Swanson, Ana & Keith Bradsher (2022). Climate Change Could Worsen Supply Chain Turmoil. (8.9.2022). *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2022/09/08/business/economy/climate-change-supply-chain.html>.

Teer, Joris & Mattia Bertolini (2022). *Reaching breaking point: The semiconductor and critical raw material ecosystem at a time of great power rivalry*. The Hague Centre for Strategic Studies. <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2024/02/Reaching-breaking-point-ExSum-HCSS-2022-revised.pdf>.

Tenggren, Sandra, Olle Olsson, Gregor Vulturius, Henrik Carlsen & Magnus Benzie (2019). Climate risk in a globalized world: empirical findings from supply chains in the Swedish manufacturing sector. *Journal of Environmental Planning and Management*. 63(7), 1266–1282. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1660626>.

Thorsøe, Martin, Egon Noe, Damian Maye, Mauro Vigani, James Kirwan, Hannah Chiswell, Mikelis Grivins, ym. (2020). Responding to change: Farming system resilience in a liberalized and volatile European dairy market. *Land Use Policy*. 99, 105029. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771931395X>. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.105029.

Tilastokeskus (2023). Vuoden 2022 kasvihuonekaasupäästöt vähenivät – maankäyttösektori oli nettopäästölähde. (14.12.2023). <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8a4c4tivtd00bvyvo6fy0sv>.

Tuomenvirta, H., R. Haavisto, M. Hildén, T. Lanki, S. Luhtala, P. Meriläinen, K. Mäkinen, ym. (2018). *Sää- ja ilmasto-riskit Suomessa - Kansallinen arvio*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 43/2018. Valtioneuvoston kanslia. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161015>.

Tynkkynen, Veli-Pekka (2022). *Venäjä, energiavalta: öljykulttuuri kohtaa ilmastomuutoksen*. Gaudeamus.

Työ- ja elinkeinoministeriö [TEM] (2022a). *Valtioneuvoston huoltovarmuusselonteko*. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:59. Valtioneuvosto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164329>.

—(2022b). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia*. Riku Huttunen, Petteri Kuuva, Markku Kinnunen, Bettina Lemström & Petri Hirvonen (toim.). Työ- ja elinkeinoministeriö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53.

—(2023). Komissio linjasi muutoksista EU:n valtioneuvoston politiikan suuntaan ja tavoitteisiin. (10.3.2023). Tiedote. Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/komissio-linjasi-muutoksista-eu-n-valtioneuvoston-politiikan-suuntaan-ja-tavoitteisiin>.

—(2024). Direktiivi yritystoiminnan kestävästä toimintaa koskevasta huolellisuusvelvoitteesta (Corporate Sustainability Due Diligence Directive, CSDDD). *Työ- ja elinkeinoministeriö*. <https://tem.fi/yritysten-huolellisuusvelvoite>.

United Nations (2023). *The Sustainable Development Goals Report 2023: Special edition. Towards a Rescue Plan for People and Planet*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>.

Vadén, T., A. Majava, T. Toivanen, P. Järvensivu, E. Hakala & J. T. Eronen (2019). To continue to burn something? Technological, economic and political path dependencies in district heating in Helsinki, Finland. *Energy Research & Social Science*. 58, 101270. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629619303007>. DOI: 10.1016/j.erss.2019.101270.

Vakulchuk, Roman, Indra Overland & Daniel Scholten (2020). Renewable energy and geopolitics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 122, 109547. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307555>. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109547.

Valtioneuvosto (2023). *Vahva ja välittävä Suomi: Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023*. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58. Valtioneuvosto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165042/Paaministeri-Petteri-Orpon-hallituksen-ohjelma-20062023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Valtioneuvosto (2017). *Yhteiskunnan turvallisuusstrategia*. Valtioneuvoston periaatepäätös / 2.11.2017. Turvallisuuskomitea. https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2018/02/YTS_2017_suomi.pdf.

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista 5.12.2018/1048. VNS 8/2022 vp. <https://www.edilex.fi/lainsaadanto/20181048>.

Vasconcelos, A., V. Guidotti, M. Lathuillière, T. Gardner, P. Löfgren & L.F. Guedes Pinto (2019). *Soy and environmental compliance in Brazil: An undervalued risk for global markets*. Trase issue brief 2. Trase and Imaflora. http://resources.trase.earth/documents/issuebriefs/Soy_and_environmental_compliance_in_Brazil.pdf.

Wahlström, Johanna, Jarno Kaskela, Juhani Riikonen & Ville Hankalin (2019). *Energiaverotuet ja kustannustehokas huoltovarmuus*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2017:56. Valtioneuvoston kanslia. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161852/56_19_Energiaverotuet_ja_kustannustehokas_huoltovarmuus.pdf.

Watt, Nicholas (2016). Antimicrobial resistance a "greater threat than cancer by 2050". *The Guardian*. (14.4.2016). <https://www.theguardian.com/society/2016/apr/14/antimicrobial-resistance-greater-threat-cancer-2050-george-osborne>.

West, C., R. Ebrey, J. Simpson, E. Stokeld, F. Lager, S. Croft, F. Bosello, ym. (2022). *Report on preliminary impact and policy insights from model and sectoral case study analysis of WP3*. Deliverable 3.6 of the H2020 CASCADES project.

van Westen, René M., Michael Kliphuis & Henk A. Dijkstra (2024). Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course. *Science Advances*. 10(6), eadk1189. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adk1189>. DOI: 10.1126/sciadv.adk1189.

Winland (2019). *Mitä Suomi voi tehdä globaalin ruokaturvan parantamiseksi? Winland-hankkeen Policy Brief VI*. <https://winlandtutkimus.fi/wp-content/uploads/2019/04/ruokabriefi.pdf>. 04/2019.

World Meteorological Organization [WMO] (2024). *State of the Global Climate 2023*. World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/idurl/4/68835>. WMO-No. 1347.

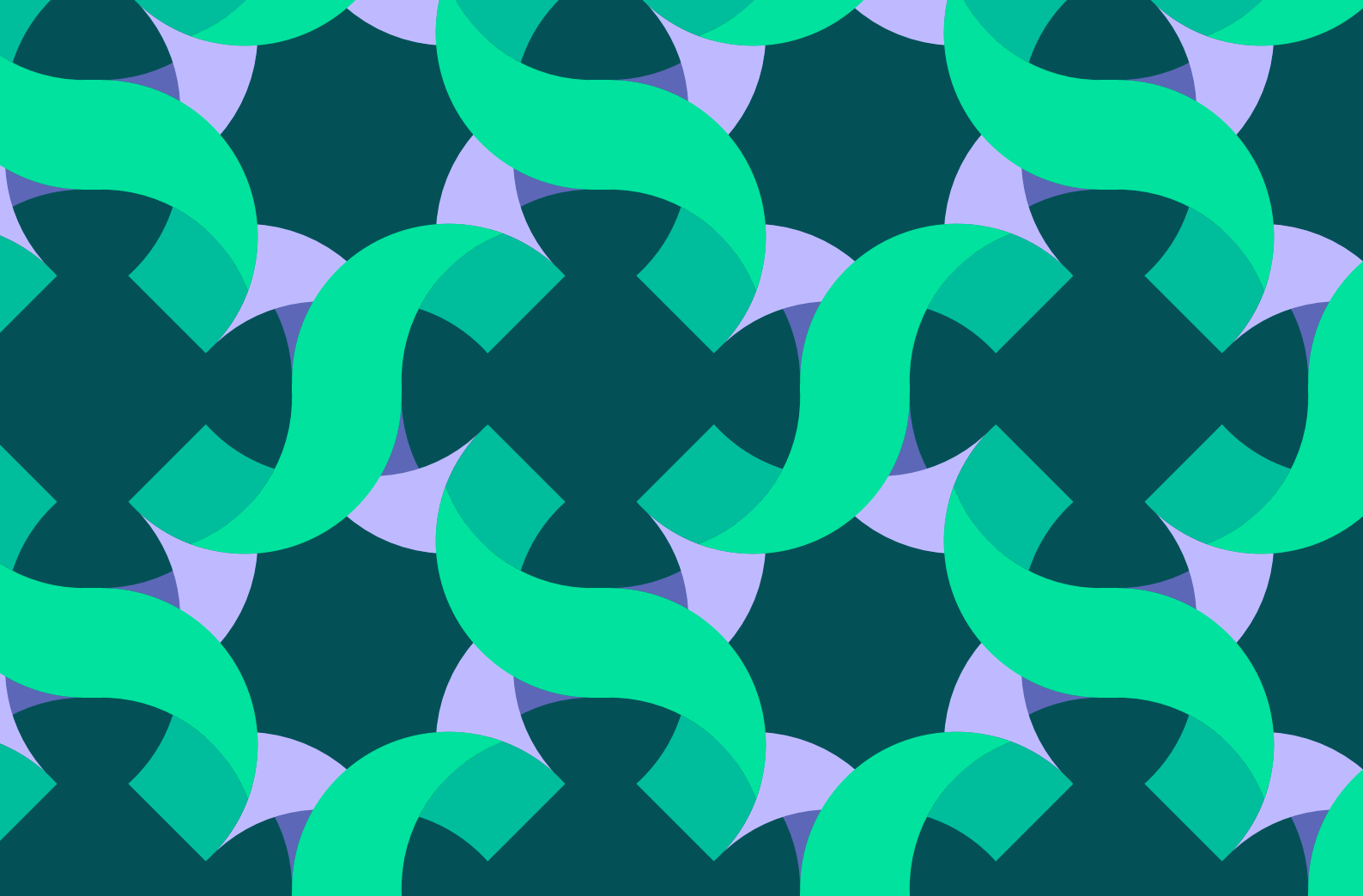
World Trade Organization & UN Environment (2018). *Making trade work for the environment, prosperity and resilience*. World Trade Organization & UN Environment. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/unereport2018_e.pdf.

Ympäristöministeriö [YM] (2022). EU:ssa sopu päästökaupan laajentamisesta ja vahvistamisesta. (18.12.2022). Tiedotteet. Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/eu-ssa-sopu-paastokaupan-laajentamises-ta-ja-vahvistamisesta>.

—(2024). Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. *Ympäristöministeriö*. <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka>.

Zhao, Chuang, Bing Liu, Shilong Piao, Xuhui Wang, David B. Lobell, Yao Huang, Mengtian Huang, ym. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 114(35), 9326–9331. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

Zhou, Jiayi, Lisa Maria Dellmuth, Kevin M. Adams, Tina-Simone Neset & Nina von Uexkull (2020). *The Geopolitics of Food Security: Barriers to the Sustainable Development Goal of Zero Hunger*. Insights on Peace and Security. SIPRI. <https://www.sipri.org/publications/2020/sipri-insights-peace-and-security/geopolitics-food-security-barriers-sustainable-development-goal-zero-hunger>.



Huoltovarmuuskeskus