

Tuomenvirta H., Haavisto R., Hildén M., Lanki T., Luhlala S., Meriläinen P., Mäkinen K., Parjanne A., Pelttonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Sorvali J., Veijalainen N.

Sää- ja ilmatoriskit Suomessa – Kansallinen arvio

Syyskuu 2018

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 43/2018

KUVAILULEHTI

| | | | |
|--|--|-------------------|--------------------|
| Julkaisija ja julkaisuaika | Valtioneuvoston kanslia, 10.9.2018 | | |
| Tekijät | Tuomenvirta H., Haavisto R., Hildén M., Lanki T., Luhtala S., Meriläinen P., Mäkinen K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Sorvali J., Veijalainen N. | | |
| Julkaisun nimi | Sää- ja ilmatoriskit Suomessa - Kansallinen arvio | | |
| Julkaisusarjan nimi ja numero | Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 43/2018 | | |
| Asiasanat | Ilmastonmuutos, vaaratekijä, haavoittuvuus, altistuminen | | |
| Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot | 44/2018; Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmatoriskien arviointien järjestämiseksi | | |
| Julkaisuaika | Syyskuu, 2018 | Sivuja 107 | Kieli suomi |

Tiivistelmä

Tähän raporttiin on koottu ajantasainen arvio sään ja ilmaston aiheuttamista riskeistä eri toimialoille Suomessa. Arviossa otettiin huomioon sekä muuttuvan ilmaston että yhteiskunnallisen kehityksen vaikutus riskin muodostumiseen nykyhetkessä ja tulevaisuudessa. Sää- ja ilmatoriskejä pyrittiin hahmotamaan vaaratekijän (riskiä aiheuttava sääilmiö), altistumisen (riskin kohteen sijainti) ja haavoittuvuuden (riskin kohteen ominaisuudet) yhdistelmänä.

Sääilmiöt aiheuttavat Suomessa riskejä jo nykyilmastossa. Muun muassa rajuilmat, helleaallot ja rankkasateet aiheuttavat taloudellisia ja terveydellisiä vaikutuksia sekä yleistä haittaa. Tulevaisuudessa riskit muuttuvat ilmastomuutoksen muuttaessa haitallisia sääilmiöitä. Ilmastonmuutos tuo vähitellen kasvavia riskejä erityisesti ekosysteemeille ja infrastruktuurille. Muualla maailmalla tapahtuvat ilmastomuutoksen vaikutukset voivat heijastua epäsuorasti Suomeen globaalien tavara-, energia-, raha- ja ihmisvirtojen kautta. Näiden riskien systemaattinen arviointi on vasta aloitettu.

Raportin tavoitteena on tukea yhteiskunnan riskeihin varautumista ja ilmastomuutokseen sopeutumista eri hallinnon tasoilla ja toimialoilla. Arvio perustuu pääosin kirjallisuudesta löytyviin tutkimuksiin ja selvityksiin sekä asiantuntija-arvioihin. Työ tehtiin "Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit" (SIETO)-hankkeessa vuosina 2017–2018.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

PRESENTATIONSBLAD

| | | | |
|--|--|---------------------|---------------------|
| Utgivare & utgivningsdatum | Statsrådets kansli, 10.9.2018 | | |
| Författare | Tuomenvirta H., Haavisto R., Hildén M., Lanki T., Luhtala S., Meriläinen P., Mäkinen K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Sorvali J., Veijalainen N. | | |
| Publikationens namn | Väder- och klimatrisker i Finland - en nationell bedömning | | |
| Publikationsseriens namn och nummer | 43/2018 Ett klimattåligt Finland - En modell för att organisera bedömningar av väder- och klimatrisker | | |
| Nyckelord | klimatförändring, fara, sårbarhet, exponering | | |
| Publikationens delar /andra producerade versioner | 44/2018 Ett klimattåligt Finland - En modell för att organisera bedömningar av väder- och klimatrisker | | |
| Utgivningsdatum | September, 2018 | Sidantal 107 | Språk finska |

Sammandrag

Denna rapport innehåller en aktuell bedömning av de risker olika verksamhetsområden i Finland utsätts för som en följd av väder och klimat. Väder- och klimatriskerna bedömdes som en kombination av en fara (väderfenomen som orsakar risk), exponering (riskobjektets position) och sårbarhet (riskobjektets egenskaper). Således beaktades hur både förändringen av klimatet och den samhälleliga utvecklingen påverkar risker i nuläget och i framtiden.

Väderfenomen orsakar risker redan i det nuvarande klimatet. Bland annat oväder, värmeböljor och kraftig nederbörd förorsakar ekonomisk och allmän skada samt negativa hälsoeffekter. I framtiden förändras riskerna då klimatförändringen påverkar förekomsten och intensiteten av farliga väderfenomen. Klimatförändringen ökar gradvis riskerna, framför allt för ekosystem och infrastruktur. Klimatpåverkan i resten av världen kan även indirekt påverka Finland genom globala strömmar av varor, energi, pengar och människor. Systematiska uppskattningar av dessa risker har först nyligen påbörjats.

Syftet med rapporten är att förbereda samhället inför riskerna med klimatförändringen och att stöda anpassningen till den på olika myndighetsnivåer och verksamhetsområden. Bedömningen baserar sig främst på forskningslitteratur och andra utredningar samt expertbedömningar. Arbete utfördes som en del av projektet "Väder- och klimatriskers bedömning och verksamhetsplaner" (SIETO) under åren 2017–2018.

Den här publikationen är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2017 (tietokayttoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

DESCRIPTION

| | | | |
|--|--|------------------|-------------------------|
| Publisher and release date | Prime Minister's Office, 10.9.2018 | | |
| Authors | Tuomenvirta H., Haavisto R., Hildén M., Lanki T., Luhtala S., Meriläinen P., Mäkinen K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Sorvali J., Veijalainen N. | | |
| Title of publication | Weather and Climate Risks in Finland - National Assessment | | |
| Name of series and number of publication | Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 43/2018 | | |
| Keywords | Climate change, hazard, vulnerability, exposure | | |
| Other parts of publication/ other produced versions | 44/2018 Climate resilient Finland – A governance model for organizing weather and climate risk assessments | | |
| Release date | September, 2018 | Pages 107 | Language Finnish |

Abstract

This report contains an up-to-date assessment of hydro-meteorological and climatic risks for different sectors in Finland. Hydro-meteorological and climatic risks were assessed as a combination of the hazard (hydro-meteorological phenomenon), exposure (location of the asset or people at risk) and vulnerability (features of the asset or people at risk). Therefore, both the changing climate and the role of socio-economic factors on the risk formation, now and in the future, were considered.

Hydro-meteorological events cause risks in Finland in the current climate. For example, thunderstorms, heat waves and heavy rains cause economic and health impacts, and other losses. In the future, the risks will change as climate change will affect adverse hydro-meteorological events. Climate change will gradually increase the risks, especially for ecosystems and infrastructure. The impacts of climate change elsewhere in the world can indirectly be reflected in Finland through global flows and movements of commodity, energy, finance and humans. The systematic assessments of these risks have been initiated only recently.

The aim of the report is to support risk preparedness and adaptation to climate change at different levels of government and in different sectors. The assessment is based mainly on studies and surveys found in the literature and on expert assessments. The work was carried out in the "Assessment of Weather and Climate Risks" (SIETO) project between 2017-2018.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2017 (tietokayttoon.fi/en).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



SISÄLLYS

| | |
|---|-----------|
| 1. Johdanto | 1 |
| 2. Mitä sää- ja ilmatoriski tarkoittaa? | 4 |
| 2.1. Riskienarvioinnin käsitteet vaihtelevat | 4 |
| 2.2. Miten ilmastoon liittyvät vaaratekijät muuttuvat Suomessa? | 6 |
| 2.3. Riskin muut osatekijät: altistuminen ja haavoittuvuus | 8 |
| 2.4. Vaihtoehtoisten yhteiskuntakehitysten merkitys riskienarvioinnissa | 9 |
| 3. Toimialakohtainen sää- ja ilmatoriskien sekä haavoittuvuuksien tarkastelu | 11 |
| 3.1. Riskit luonnolle ja luonnonvaroille..... | 11 |
| 3.1.1 Luonnon nykyinen monimuotoisuus kohtaa merkittäviä riskejä..... | 11 |
| 3.1.2 Riskit vesivaroille ja vesihuollolle muuttuvat | 16 |
| 3.1.3 Uusia riskejä luonnonvara-aloille | 20 |
| 3.2. Riskit talouden eri osa-alueille ja infrastruktuurille (ml. ihmisten terveys) | 26 |
| 3.2.1 Energia-alan riskeillä toteutuessaan laajat vaikutukset | 26 |
| 3.2.2 Riskit rakennetulle ympäristölle: tulvat, kosteus, lämpövaihtelut | 32 |
| 3.2.3 Teollisuuden sää- ja ilmatoriskit: kotimaiset- ja heijastevaikutukset | 40 |
| 3.2.4 Riskit koskevat liikennejärjestelmän kaikkia osia..... | 42 |
| 3.2.5 Rahoitus- ja vakuutustoiminnan sää- ja ilmatoriskit | 51 |
| 3.2.6 Terveysriskit | 57 |
| 4. Yhteenveto sää- ja ilmatoriskeistä | 64 |
| 5. Johtopäätökset | 68 |
| 6. Lähteet | 70 |
| Liite 1 Ohjausryhmän jäsenet | 95 |
| Liite 2 “Suomen kansallinen riskiarvio 2015” mukaiset riskiluokat ja niiden seuraukset | 96 |
| Liite 3 Kirjoittajat ja asiantuntijat, jotka kommentoivat riskikuvauksia | 97 |
| Liite 4 Tulevaisuuskuvakoosteet | 98 |

1. JOHDANTO

Yksi valtioneuvoston tulevaisuuskatsauksen taustalle valmistelluista muutostekijäkorteista on ilmastonmuutos (kuva 1.1)¹. **Ilmastonmuutos vaikuttaa monin suoriin ja epäsuoriin tavoin ihmisiin, yhteiskuntaan, talouteen ja luontoon.** Se lisää jo tällä hetkellä äärimmäisten ja poikkeavien sääilmiöiden aiheuttamia riskejä muuttamalla näiden ilmiöiden esiintymistiheyttä ja voimakkuutta sekä niiden tyypillistä esiintymisajankohtaa. Se tuo uusia, vähitellen kasvavia suoria riskejä erityisesti Suomen ekosysteemeille ja infrastruktuurille. Lisäksi muualla tapahtuvat ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat heijastua epäsuorasti Suomeen globaalien tavara-, energia, raha- ja ihmisvirtojen kautta. Ilmastonmuutos voi vaikuttaa huoltovarmuuteen, aiheuttaa muutoksia Suomen talouden rakenteisiin ja saada aikaan alueellisia tai laajempiakin kriisitilanteita, jotka vaativat viranomaisten välistä tiivistä yhteistyötä.

Valtioneuvoston yhteiset muutostekijät -raportissa todetaan, että menestyvän ja turvallisen Suomen on kyettävä yhdistämään tulevaisuuden muutoksiin vaikuttaminen ja sopeutuminen². Muutostekijät ja muutokset huomioon ottavat politiikkatoimet ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa ja muuttavat säähän ja ilmastoon liittyviä riskejä. Riskejä arvioitaessa ja hallittaessa tärkeää on hallinnonalojen yhteistyö.

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|--|------------------------------------|
| 1.Kansainvälinen järjestys murroksessa | 4.Globaalin talouden murros | 7.Väestörakenne ja kaupungistumiskehitys | 10.Teknologinen murros | 13.Ilmastonmuutos |
| 2.EU:n ja kansallisvaltion kehitys | 5.Suomen talouden kehitys | 8.Arvojen ja asenteiden muutos | 11.Digitaalinen kyvykkyys julkisessa hallinnossa | 14.Ympäristön ja luonnon tila |
| 3.Demokratian muutos ja osallistumisen tapojen moninaistuminen | 6.Työn murros | 9.Eriarvoistuminen | 12.Kriittisen infrastruktuurin toimintavarmuus | 15.Luonnonvarojen käytön kestävyys |

Kuva 1.1. Valtioneuvoston tulevaisuuskatsauksen mukaiset muutostekijät³. Nämä tekijät vaikuttavat järjestelmien haavoittuvuuteen ja altistumiseen ja siten myös muuttavat riskejä. Ks. myös liite 4.

Osana valtioneuvoston kanslian koordinoimaa valtioneuvoston yhteistä selvitys- ja tutkimustoimintaa (VN TEAS) toteutettiin "Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit" -hanke (SIETO) vuosina 2017-2018. **SIETO-hankkeen tavoitteena oli tuottaa säähän liittyvien ilmiöiden ja ilmastonmuutoksen haavoittuvuus- ja riskikartoitus, joka parantaa nykyistä ymmärrystä Suomen kannalta merkittävistä haavoittuvuus- ja riskitekijöistä.**⁴

1 Valtioneuvoston kanslia 2017 <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80753>

2 Valtioneuvoston kanslia 2017 <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80753>

3 Valtioneuvoston kanslia 2017 <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80753>

4 Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit -hanke (SIETO) <http://ilmatieteenlaitos.fi/sieto-hanke>

Hankkeen toteuttivat Ilmatieteen laitos (koordinaattori), Suomen ympäristökeskus, Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos, Luonnonvarakeskus ja Helsingin yliopisto. Työn kulkua valvoi ohjausryhmä (ks. liite 1), jonka puheenjohtajana toimi Saara Lilja-Rothsten maatalous- ja metsätalousministeriöstä.

SIETO-hanke kasvattaa ymmärrystä Suomen kannalta merkittävistä haavoittuvuus- ja riskitekijöistä, tukee sää- ja ilmatoriskeihin varautumista ja sopeutumista ja vastaa osaltaan sää- ja ilmatoriskien hallinnan kansalliseen, EU-tason ja globaaliin ohjaukseen. Itse työ jatkautui kahden käytännön tuloksen saavuttamiseen:

- kansallisen sää- ja ilmatoriskiarvion laatimiseen (tämä raportti)
- toimintamalliin tulevien sää- ja ilmatoriskiarvioiden ja niitä tukevien aineistojen järjestämisestä⁵ (viite raporttiin 2)

Raporttien lisäksi hankkeessa tuotettiin kaksi VN TEAS Policy Briefiä ("Ilmastokestävyttä ja sääriskien hallintaa luonnonvara-alojen pitkäaikaisaineistojen turvin"⁶ ja "Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja seuranta on panostus turvallisuuteen ja hyvinvointiin"⁷).

Tämä raportti esittää uusimman tutkimustiedon perusteella merkittävimmät kansalliset sää- ja ilmatoriskit ja haavoittuvuudet niihin varautumisen ja sopeutumisen näkökulmasta. Raportissa keskitytään ilmastomuutoksen aiheuttamiin negatiivisiin riskeihin eli säähän, ilmastoon ja ilmastomuutokseen liittyvien ilmiöiden kielteisiin vaikutuksiin. Säähän ja ilmastomuutokseen liittyy myös mahdollisuuksia,^{8 9 10} mutta ne on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Sää- ja ilmatoriskien tarkastelu esitellään ensin toimialakohtaisesti [luvussa 3](#).

Työssä kartoitettiin seuraavat toimialat:

- Luonnon monimuotoisuus
- Vesivarat ja vesihuolto
- Luonnonvarat (pääpaino maatalous, metsätalous ja kalatalous)
- Energia (lähinnä tuotanto ja jakeluverkot)
- Rakennettu ympäristö
- Teollisuus, elintarviketuotanto, kaivostoiminta ja louhinta
- Liikenne (ml. logistiikka ja tietoliikenne)
- Rahoitus- ja vakuutustoiminta
- Terveys

⁵ Hildén ym. 2018. Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmatoriskien arviointien järjestämiseksi Ei linkkiä

⁶ Peltonen-Sainio ym. 2018 <https://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=26801>

⁷ Tuomenvirta ym. 2018 <https://tietokavttoon.fi/julkaisu/artikkelit>

⁸ Gregow ym. 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

⁹ Arnkil ym. 2016 http://tapio.fi/wp-content/uploads/2017/04/Ilmastomuutokseen-sopeutuminen-yksityisella-sektorilla_loppuraportti.pdf

¹⁰ Finland's Seventh National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2017 https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nc7_final.pdf

Toimialakohtaisen kartoituksen pääkysymykset olivat:

1. Mitä sää- ja ilmastoperäisiä riskejä toimiala kohtaa?
2. Millaisia mahdollisia vaikutuksia sää- ja ilmatoriskeillä on toimialan kautta ihmisiin, talouteen, yhteiskuntaan ja ympäristöön?
3. Mitkä ovat toimialan sää- ja ilmatoriskeihin vaikuttavat haavoittuvuustekijät?
4. Mitkä ovat toimialan sää- ja ilmatoriskeihin vaikuttavat altistumistekijät?

Tarkasteltujen toimialojen kohdalla on pyritty myös tiivistämään nykyinen ymmärrys toimialan mahdollisista heijastevaikutuksista. Heijastevaikutuksella (transboundary effect, crossborder impact) tarkoitetaan ilmaston vaihtelevuuden tai muutoksen seurausta, joka ilmenee Suomessa, mutta jonka varsinainen alkuperä on Suomen rajojen ulkopuolella. Tällaisia epäsuoria vaikutuksia ovat esimerkiksi elintarviketeollisuuden kokemat riskit, joiden aiheuttajina ovat tuontiraaka-aineiden saatavuudessa ilmenevät ilmastomuutoksesta johtuvat ongelmat. Heijastevaikutuksia on käsitelty seikkaperäisesti ”Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatoriskien hallitseminen” -hankkeen (ELASTINEN) raportissa¹¹. Heijastevaikutusten merkitys on potentiaalisesti kasvava globaalien verkostojen ja riippuvuussuhteiden johdosta. Kansainvälistä tutkimusta aiheesta onkin lisätty viime vuosien aikana¹².

Toimialakohtaisten selvitysten jälkeen toimialoilta poimittiin hankkeen asiantuntijoihin nojaten merkittävimmät kansallisen tason sää- ja ilmatoriskit. Luvun 4 [taulukkoon 4.1](#) on nostettu kahdentyyppisiä riskiesimerkkejä: 1) Toteutuessaan riskeillä on merkittäviä vaikutuksia. Nämä riskit ovat usein laajavaikutteisia, joten merkittävät vaikutukset ulottuvat useille toimialoille. 2) Riskitiedossa on selviä puutteita. Joko riskeihin sopeutuminen on hankalaa, esimerkiksi siitä aiheutuu suuria kustannuksia, tai riskien tunnistamiseen tai arviointiin liittyy merkittäviä puutteita.

Toimialakohtaisen työn aineistollisena lähtökohtana on käytetty Sorvalin (2013) selvitystä ”Ilmastomuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus”¹³. Lisäksi on pyritty tunnistamaan selvityksen jälkeen ilmestynyt sää- ja ilmatoriskeihin liittyvä Suomea koskeva julkaistu tutkimustieto. Samalla hankkeen asiantuntijat ovat kuitenkin voineet poimia tärkeimpiä viitteitä myös tutkimusmaailmasta yleisesti. Luonnonvara-alan osalta työ pohjautuu perusteellisesti tehtyyn ”Sopeutumisen tila” -hankkeeseen¹⁴. Arvioitaessa sää- ja ilmatoriskejä luonnon monimuotoisuudelle työn pohjana käytettiin ”Suojelualueverkosto muuttuvassa ilmastossa” -hankkeen (SUMI) esiselvityksessä tuotettua ajantasaista kirjallisuusselvitystä¹⁵. Toimialasta ja hankeryhmän asiantuntemuksesta riippuen on tiettyjen toimialojen riskikat- sauksiin pyydetty asiantuntijoiden kommentteja myös hankeryhmän ulkopuolelta. Hankeryhmän sisäiset ja ulkoiset kirjoittajat ja kommentoijat on listattu toimialaluvuittain liitteessä 3.

Toimialojen katsaukset eivät suinkaan kata kaikkia säähän ja ilmastoon liittyviä riskejä. Alojen toimijat ja sidosryhmät pystyvät usein tunnistamaan kokemukseen ja asiantuntemukseensa perustuen riskejä, joita tutkimuksissa ei ole käsitelty. **Toimialakatsaukset eivät siis sisällä kaikkia mahdollisia säähän liittyviä riskejä, vaan ne ovat kooste kirjallisuudessa esiintyvistä riskeistä. Lisäksi on hyvä huomata, että luvun 3 toimialaluvut eivät**

¹¹ Hildén ym. 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

¹² esim. Impacts and Risks from High-End Scenarios: Strategies for Innovative Solutions -hanke (IMPRESSIONS) <http://www.impressions-project.eu/>

¹³ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

¹⁴ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

¹⁵ Aapala ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>

sisällä kaikkia sää- ja ilmastoherkkiä aloja ja elinkeinoja. Tällaisia ovat esimerkiksi luonnon virkistyskäyttö ja matkailu, jotka rajattiin tästä tarkastelusta pois, vaikka alat kokevat sääriskejä ja joutuvat sopeutumaan ilmastomuutokseen.

SIETO-hankkeen lähestymistapa esitellään luvussa 2. Lähestymistapa on valittu siten, että se mahdollistaa synergioiden löytämisen ja kytkee aiempaa tiiviimmin yhteen ilmastomuutoksen sopeutumistyön ja kansalliseen katastrofiriskien hallintatyöhön. Kansainvälisesti tämä liittyy YK:n Sendain puitesopimuksen toimeenpanoon, jossa on sovittu toimista katastrofiriskien vähentämiseksi ¹⁶.

Tehdyn työn keskeinen tavoite on tukea kansallisen ilmastomuutokseen sopeutumis suunnitelman 2022¹⁷ toimeenpanoa. Sopeutumis suunnitelman päämääränä on, että suomalaisella yhteiskunnalla on kyky hallita ilmastomuutokseen liittyvät riskit ja sopeutua ilmastossa tapahtuviin muutoksiin. Tavoitteiden saavuttamiseksi kansallisessa sopeutumis suunnitelmassa on tunnistettu keskeisimmät sopeutumista tukevat toimenpiteet. Niistä eräs on ilmatoriskien arvioinnin ja hallinnan kehittäminen mm. täydentämällä jo olemassa olevia riskienarvioinnin ja -hallinnan menettelyjä.

SIETO-hankkeen tulokset ilmastomuutoksen merkittävimmistä vaikutuksista palvelevat myös vuonna 2018 tehtävää yhteiskunnan turvallisuusstrategian mukaista kansallisen riskinarvion päivitystä¹⁸. Ensimmäinen kansallinen riskiarvio laadittiin vuonna 2015 kansallisiin tarpeisiin sekä osana ns. EU:n pelastuspalvelumekanismia ¹⁹. Riskiarvio tehdään EU:n pelastuspalvelumekanismiin mukaisesti ja päivitetään kolmen vuoden välein. Kansallinen riskiarvio kattaa monia Suomeen kohdistuvia uhkia, ja SIETO-hankkeen tuloksia sisällytetään niihin uhkaskenaarioihin, joihin säähän liittyvät ilmiöt ja ilmastomuutos mahdollisesti vaikuttavat. Lisäksi SIETO-hankkeen perusteella riskiarvioon tuotettiin teksti ilmastomuutoksen aiheuttamista uhkista Suomelle.

2. MITÄ SÄÄ- JA ILMASTORISKI TARKOITTA?

2.1. Riskienarvioinnin käsitteet vaihtelevat

Tässä työssä käytetään sää- ja ilmastoriskien tarkasteluun YK:n alaisen Hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 5. arviointiraportin²⁰ jakoa, jossa vaaratekijä (hazard), altistuminen (exposure) ja haavoittuvuus (vulnerability) yhdessä vaikuttavat riskin muodostumiseen (kuva 2.1). Nämä kolme tekijää, ja siten riski, vaihtelevat ja muuttuvat ajan myötä ^{21 22}. Kuvassa esitetyn mukaisesti sää- ja ilmastoriskin toteutumista voidaan tarkastella yksilön, yrityksen ja koko yhteiskunnan tasolla sekä ympäristön näkökulmasta.

Sää- ja ilmastoriskien hallinnassa ovatkin avainasemassa riskien vähentäminen, ennakointi ja varautuminen sekä ilmastomuutokseen sopeutumisen toimet. Näillä keinoilla myös riskien taloudellista kustannusta voidaan pienentää. Riskienhallinnan keinojen suunnittelussa,

¹⁶ UNISDR 2015 <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>

¹⁷ Maa- ja metsätalousministeriö 2014 <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80301>

¹⁸ Sisäministeriö <https://intermin.fi/pelastustoimi/varautuminen/kansallinen-riskiarvio>

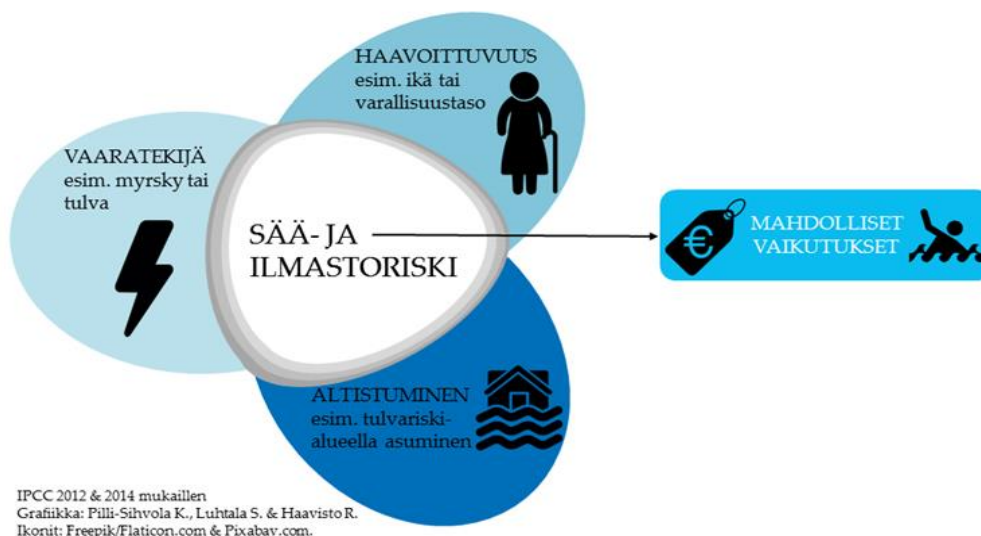
¹⁹ Sisäministeriö 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN978-952-324-059-9>

²⁰ IPCC 2014a http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgll_spm_en.pdf

²¹ ks. "Tärkeimmät käsitteet" Gregow ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

²² Jurgilevich ym. 2017 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5508>

arvioinnissa ja valinnassa olisi hyvä myös ottaa huomioon keinojen toteuttamisen taloudellinen tehokkuus ²³.



Kuva 2.1. Sää- ja ilmatoriskeihin vaikuttavat tekijät ²⁴.

Monissa tämän raportin viitteinä olevissa tutkimuksissa on saatettu käyttää jotakin muuta kuin edellä esitettyä vaaratekijä-altistuminen-haavoittuvuus-lähestymistapaa. Vaikka käsitteistö onkin ajan myötä vaihdellut, on tässä tutkimuksessa pyritty mahdollisuuksien mukaan erottamaan alkuperäisistä tutkimuksista sisällöt tukemaan kuvan 2.1 mukaista jaottelua.

Vaaratekijä-haavoittuvuus-altistuminen -kehikkoa voi käyttää sekä nykyilmaston vahinkoa aiheuttavien sääilmiöiden että tulevaisuuden sääilmiöiden ja vuosikymmenien aikana tapahtuvan ilmastonmuutokseen liittyvien riskien arvioinnissa. Riskienhallintakyky ja sopeutumiskyky ovat välillisesti mukana altistumisen ja haavoittuvuuden arvioinnin kautta. **Tämän raportin riski- ja haavoittuvuusarvioita voidaan käyttää apuna arvioitaessa sopeutumisen ja riskienhallintakykyä. Esimerkiksi vuonna 2018 alkaneessa Kansallisen ilmastonmuutoksen sopeutumissuunnitelman 2022²⁵ väliarvioinnissa hyödynnetään tämän raportin tuloksia.**

Absoluuttista tasoa kansallisesti merkittävälle riskille ei voida asettaa, mutta Suomen kansallinen riskiarvio 2015²⁶ antaa viitteitä tällaisten riskien luonteesta, ks. (liite 2). Vuonna 2015 kansallisessa riskiarviossa esille nostettiin kahdeksan säähän ja ilmastoon liittyvää riskiä aiheuttavaa tekijää (kts. tietolaatikko 1).

²³ Piili-Sihvola ym. 2016a <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

²⁴ Gregow ym. 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

²⁵ Maa- ja metsätalousministeriö 2014 <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80301>

²⁶ Sisäministeriö 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN978-952-324-059-9>

Tietolaatikko 1: Sisäministeriön kokoamassa Suomen kansallisessa riskiarviossa vuodelta 2015²⁷ arvioitiin kuusi koko yhteiskuntaan kohdistuvaa ja 15 alueellisesti merkittävää tapahtumaa. Näistä 8 liittyi suorasti tai epäsuorasti säähän tai ilmastoon:²⁸

- energiansaannin vakavat häiriöt, jotka johtuvat esimerkiksi myrskystä
- tietoturvariski, joka johtuu esim. myrskystä tai tulvasta
- nopeahkosti syntyvä laaja tulva asutuskeskuksessa tai sen läheisyydessä
- suuri merellinen onnettomuus, joka johtuu esimerkiksi ankarista talviolosuhteista
- useampi yhtäaikainen laaja metsäpalo
- laaja tai pitkäkestoinen vedenjakeluhäiriö, joka johtuu esimerkiksi myrskystä
- laajalle alueelle ulottuva talvimyrsky, johon liittyy pitkä pakkasjakso
- ukkosmyrsky (rajuilma).

Nykyilmaston vaaratekijät (säähän liittyvät ilmiöt) ja tiedot niiden aiheuttamista vahingoista yhdessä altistumisen ja haavoittuvuuden kanssa antavat konkreettista kuvaa toteutuneista riskeistä – sekä myös riskienhallintatoimista ja niiden riittävydestä. Ilmastonmuutoksen vaikutusta vaaratekijöiden esiintymiseen tulevaisuudessa ja tulevaisuuden ilmastoennakoidaan ilmastomallien avulla (luku 2.2). Tulevaisuuden sää- ja ilmatoriskien arvioinnissa täyttyy vaaratekijöihin liittyvän tutkimuksen lisäksi käyttää oletuksia, skenaarioita, malleja tai muita menetelmiä, joilla arvioidaan, miten riskin kohteen altistuminen ja haavoittuvuus muuttuu tulevaisuudessa (luvut 2.3 ja 2.4).

2.2. Miten ilmastoon liittyvät vaaratekijät muuttuvat Suomessa?

Tässä luvussa esitellään tiiviisti ilmastonmuutoksen vaikutuksia vaaratekijöihin kirjallisuuden perustuen. Tässä ei esitellä kaikkia vahinkoa tai vaaraa aiheuttavia säähän liittyviä ilmiöitä, vaan esitellään lyhyesti nykyisen tiedon mukaiset muutosarvot. Osa muutoksista on hitaasti kehittyviä keskimääräisten ilmasto-olojen muutoksia, jotka johtavat muutoksiin luonnossa, vaikuttavat rakennettuun ympäristöön ja ihmisten käyttäytymiseen. Ilmastonmuutos ilmenee myös sään ääri-ilmiöiden muutoksina. On hyvä huomata, että osan vaaratekijöistä, esimerkiksi äärimmäiset pakkasjaksot, arvioidaan ilmastonmuutoksen seurauksena lieventyvän. **Tässä raportissa tarkastellaan kuitenkin pääsääntöisesti riskejä lisääviä vaaratekijöitä.**

Ilmastonmuutoksen kehittymistä arvioidaan niin sanottujen RCP-skenaarioiden avulla (Representative Concentration Pathways eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariot), jotka kuvaavat kasvihuonekaasu- ja hiukkaspäästöjen kertymistä ilmakehään. Skenaarioita on neljä: RCP2.6 (optimistisin eli hyvin vähän kasvihuonekaasupäästöjä), RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5 (pessimistisin eli erittäin runsaasti päästöjä). RCP-skenaarioiden pohjalta on laadittu lukuisia ilmastomalliajoja (ns. CMIP5-mallikokeet²⁹) joihin arvot ilmastonmuutoksen etenemisestä perustuvat. RCP-skenaariot kehitettiin IPCC:n viidettä arviointiraporttia³⁰ varten.

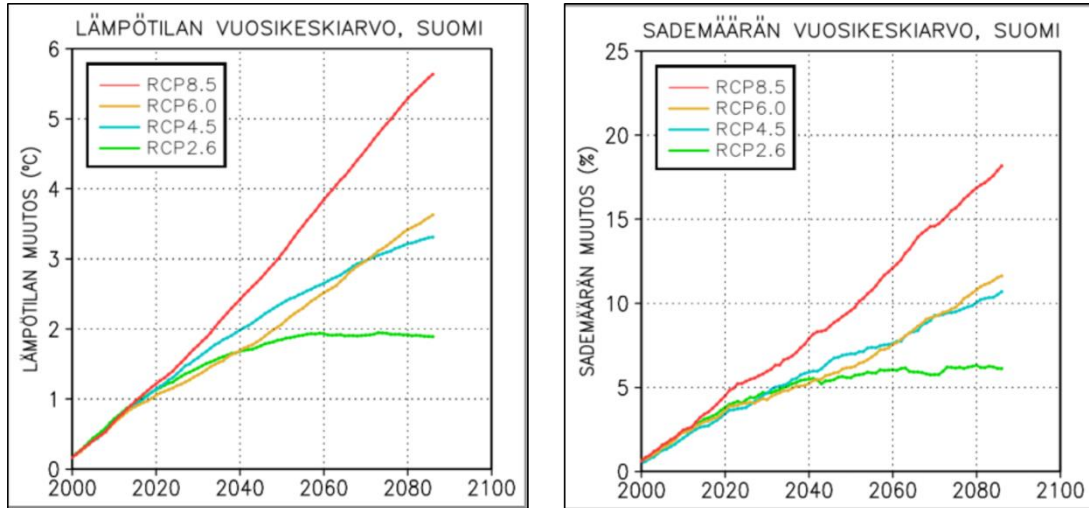
²⁷ Sisäministeriö 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN978-952-324-059-9>

²⁸ Pilli-Sihvola ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.iidrr.2017.12.004>

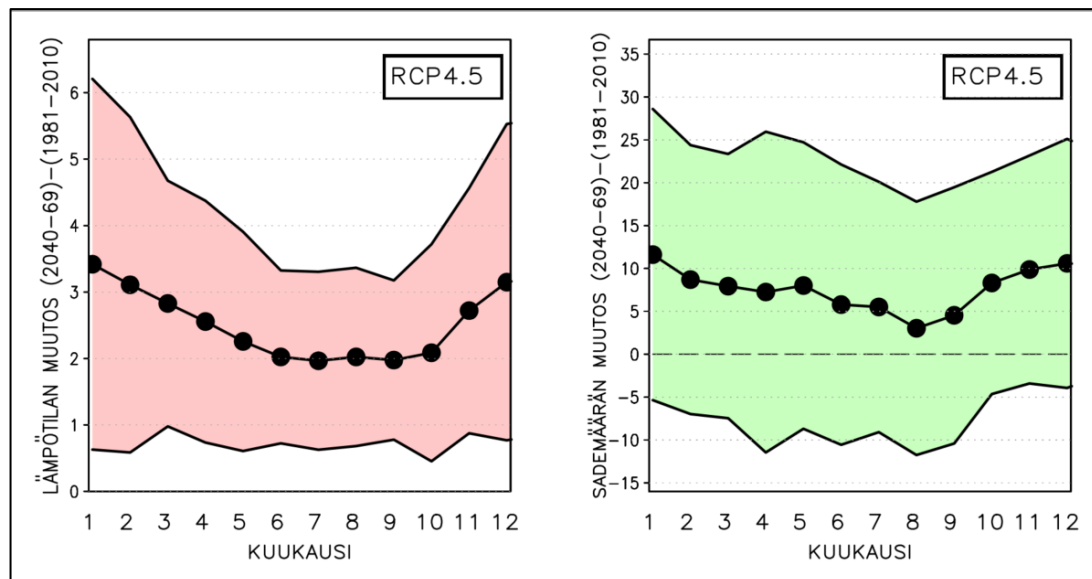
²⁹ Coupled Model Intercomparison Phase 5 <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>

³⁰ IPCC 2014b <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>

Suomen ilmasto lämpenee ja sademäärät kasvavat kaikissa RCP-skenaarioissa – mitä suuremmat kasvihuonekaasujen päästöt ovat, sitä voimakkaampia lämpeneminen ja sademäärän kasvu ovat. (Kuva 2.2). Sekä lämpötilan että sateen muutokset ovat suurempia talvisin kuin kesäisin (Kuva 2.3).



Kuva 2.2. Vuoden keskilämpötilan (asteina, vasen kuva) ja sademäärän (prosentteina, oikea kuva) muutos Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastonmuutosmallin tulosten keskiarvoa neljälle eri RCP-kasvihuonekaasuskenaariolle. ³¹



Kuva 2.3. Keskilämpötilan (asteina, vasen kuva) ja sademäärän (prosentteina, oikea kuva) muutos Suomessa vuoden eri kuukausina siirryttäessä vertailuajanjaksosta 1981–2010 vuosiin 2040–2069. Käyrä esittää 28 maailmanlaajuisen ilmastonmuutosmallin tulosten keskiarvoa ja varjostettu alue muutoksen 90 %:n todennäköisyysväliä. ³²

Suomen ilmastossa on arvioitu tapahtuvan seuraavan kaltaisia muutoksia, joilla on merkittävä riskienarvioinnissa.

³¹ Ruosteenoja ym. 2016 www.geophysics.fi/pdf/geophysics_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

³² Ruosteenoja ym. 2016 www.geophysics.fi/pdf/geophysics_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

- Meritulvan riski on kasvussa ja on vuosisadan lopulla Suomenlahdella selkeästi suurempi kuin nyt, mikä johtuu pääasiassa meriveden lämpölaajenemisesta ja mannerjäätiköiden sulamisesta. Tämänhetkisten arvioiden mukaan vuoteen 2100 mennessä keskimääräinen merenpinta nousee Suomenlahdella n. 30 cm, korkeimman arvion ollessa n. 90 cm.³³
- Vuodenaikaan nähden lämpimät jaksot, ml. kesän hellejaksot, yleistyvät ja pitenevät. Vastaavasti kylmiä jaksoja esiintyy entistä harvemmin.^{34 35}
- Rankkasateet voimistuvat kesäisin^{36 37}.
- Jäätävät sateet yleistyvät^{38 39}.
- Talvisin sadepäivien lukumäärä kasvaa. Talvisin myös pilvisuus lisääntyy ja aurin gonpaiste vähenee.⁴⁰
- Lumipeitekausi lyhenee ja lumen määrä vähenee keskimäärin erityisesti Etelä-Suomessa. Runsaiden lumisateiden määrä ei vähene, vaan voi jopa lisääntyä.⁴¹
- Maaperän roudan syvyys vähenee ja kesto lyhenee – erityisesti auratuilla alueilla kuten tiet, lentokentät ja pihat⁴².
- Vesistöjen jääpeite ohenee ja jääpeiteaika lyhenee⁴³. Sama kehitys luonnehtii Itämeren jääpeitettä⁴⁴.
- Maaperän pintakerroksen kuivuus yleistyy eniten keväisin, myös erittäin kuivia kesiä saattaa esiintyä⁴⁵.

Keskimääräinen arvio tuulen nopeuden muutoksista on lähellä nollaa, mutta ilmastomallien arviot poikkeavat toisistaan merkittävästi⁴⁶. Samoin ilmastomuutoksen vaikutuksista voimakkaisiin matalapaineisiin tai pienen mittakaavan ilmiöihin, kuten voimakkaisiin ukkospilviin, ei tiedetä vielä riittävästi. **Voimakkaiden tuulien kehityksen arviointiin liittyy siis epävarmuuksia, ja tuulisuuden luontainen vaihtelu on merkittävää.** On hyvä ymmärtää, että ilmaston lämmitessä yksittäinen rajuilma voi olla entistä rajumpi tai että voimakkaimpien rajuilmojen osuus kaikista rajuilmoista saattaa olla tulevaisuudessa suurempi kuin nykyään, vaikka rajuilmojen kokonaismäärässä ei tapahtuisikaan muutosta⁴⁷.

2.3. Riskin muut osatekijät: altistuminen ja haavoittuvuus

Altistuminen ja haavoittuvuus ovat vahvasti riippuvaisia ihmisten olosuhteista ja valinnoista sekä yhteiskunnan tilasta. Altistuminen sääilmiöiden ja ilmastomuutoksen vaikutuksille voidaan arvioida kohtaamisen perusteella: sijaitseeko jokin toiminta tai toimija paikassa, jossa niille mahdollisesti aiheutuu vahinkoa tai vaaraa. Kohteen sijainti on altistumisen kannalta keskeinen tieto. Haavoittuvuuteen vaikuttavat mm. taloudelliset olosuhteet, koulutustaso, väestön ikärakenne sekä instituutiot ja organisaatiot, joiden

³³ Pellikka ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>

³⁴ Ruosteenoja ym. 2015 <http://doi.org/10.1002/joc.4535>

³⁵ Jylhä ym. 2015 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.001>

³⁶ Lehtonen ym. 2014 <http://doi.org/10.1002/joc.3758>

³⁷ Mäkelä ym. 2016 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/170155>

³⁸ Kämäräinen ym. 2016a http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

³⁹ Kämäräinen ym. 2016b <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2016/EMS2016-399-1.pdf>

⁴⁰ Ruosteenoja ym. 2016 www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

⁴¹ Räisänen 2016 <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2587-0>

⁴² Lehtonen ym. 2017 <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2017/EMS2017-250.pdf>

⁴³ Veijalainen ym. 2012 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38789>

⁴⁴ Luomaranta ym. 2014 <https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.22617>

⁴⁵ Ruosteenoja ym. 2017 <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>

⁴⁶ Ruosteenoja ym. 2016 www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

⁴⁷ Piili-Sihvola ym. 2018 <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisu06-18.pdf>

kyky ennakoida altistumista ja vähentää hetkellisesti haavoittuvuutta on ratkaiseva seurausten suuruuden kannalta.⁴⁸ Riskejä tulee siten tarkastella yleisten yhteiskunnallisten kehityssuuntien valossa⁴⁹. Tutkimustulosten taustalla onkin tiettyjä oletuksia ja menetelmiä. Esimerkiksi Ilmasto-opas.fi-sivuston Sopeutumiskyky ja haavoittuvuus -karttatyökalussa⁵⁰ käyttäjälle tarjotaan mahdollisuus tarkastella erilaisten tulevaisuuden yhteiskunnallisen ja ilmaston kehityksen skenaarioiden avulla riskien alueellisia jakaumia Suomessa. Kansainvälisesti yhteiskunnallisia kehityssuuntia on kuvattu niin sanottujen yleisten sosioekonomisten kehityspolkujen (Shared Socio-economic Pathways, SSP) avulla⁵¹.

Suomessa on syksyllä 2017 valmisteltu valtioneuvoston tulevaisuuskatsauksen taustalla vaikuttavat muutostekijäkortit (kuva 1.1, ks. myös liite 4)⁵². Yhtenä muutostekijänä niissä on ilmastomuutos. Lisäksi useat muut esille nostetut muutostekijät ovat kytköksissä sää- ja ilmastoriskien tuomaan haavoittuvuuteen. Esimerkkeiksi sopivat kriittisen infrastruktuurin toimintavarmuus ja globaalin talouden murros, joiden taustalla myös ilmastomuutos vaikuttaa keskeisesti. Kuten luvussa 1 todettiin, ilmastomuutoksen vaikutukset voivat ilmetä myös epäsuorasti: varsinainen fyysinen muutos tapahtuu Suomen rajojen ulkopuolella, mutta vaikutus ”heijastuu” Suomeen erilaisten vaikutusketjujen kautta⁵³.

Luontoympäristön haavoittuvuuteen ilmastomuutokselle vaikuttavia ei-ilmastollisia tekijöitä ovat esimerkiksi saastekuormitus sekä luonnon käytön voimakkuus. Vuosikymmenien kuluessa ilmastomuutos muuttaa erilaisten biogeokemiallisten prosessien kautta ympäristöä. Esimerkiksi maaperän prosessit nopeutuvat, sademäärä kasvaa ja huuhtoutuminen lisääntyy lämpenevässä ilmastossa. Lisäksi kasvillisuusvyöhykkeet ja eläinlajit siirtyvät kohti pohjoista. Lämpeneminen parantaa myös monien vieraslajien sekä tauti- ja tuholaistajien leviämismahdollisuuksia, mikä vaikuttaa esimerkiksi maa- ja metsätalouden haavoittuvuuteen.

Yhteiskunnallisen ja taloudellisen kehityksen taso vaikuttaa väestön altistumiseen ja haavoittuvuuteen vaaraa aiheuttaville sääilmiöille ja ilmastomuutokselle.⁵⁴ **Haavoittuvuuden arvioinnissa on syytä korostaa sosiaalisen kehityksen ja sosiaalisen yhteenkuuluvuuden suhteellisia muutoksia. Kun tarkastellaan altistumista, arviointia ei pidä heijaste-vaikutusten vuoksi rajoittaa vain maantieteelliseen tai fyysiseen altistumiseen paikallisille luonnonilmiöille**⁵⁵.

2.4. Vaihtoehtoisten yhteiskuntakehitysten merkitys riskienarvioinnissa

Valtioneuvoston laatimista yhteisistä tulevaisuuskuvista vuoteen 2030⁵⁶ voidaan tunnistaa oletettu ”normaalikehitys”, joka edustaa pitkälle nykyisen todetun kehityksen tasaista etenemistä. Siinä esimerkiksi edelleen etenevä kaupungistuminen lisää altistumista hulevesitulvien vahingoille. Toisaalta kaupungistumiskehitys vähentää altistumista sellaisille sään ääri-ilmiöille, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia erityisesti haja-asutusalueilla, kuten sähköjakeluun kohdistuvat myrskyjen tai lumikuormien vaikutukset (tarkemmin luku

⁴⁸ IPCC 2014a http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgll_spm_en.pdf

⁴⁹ Jurgilevich ym. 2017 <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5508>

⁵⁰ Ilmasto-opas.fi: Sopeutumiskyky ja haavoittuvuus -karttatyökalu <http://ilmasto-opas.fi/fi/dataat/sopeutumiskyky-ja-haavoittuvuus>

⁵¹ Riahi ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

⁵² Valtioneuvoston kanslia 29.9.2017 <http://vnk.fi/tulevaisuustvo/muutostekijakortit>

⁵³ Hildén ym. 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

⁵⁴ Paunio 2014 ei linkkiä saatavilla

⁵⁵ Pili-Sihvola ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.12.004>

⁵⁶ Valtioneuvoston kanslia 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-458-0>

3.2.1). Väestön ikääntyminen lisää yleisesti haavoittuvuutta sään ääri-ilmiöille, mutta kehittyvät tekniset apuvälineet ja palvelut voivat vähentää haavoittuvuutta mm. parempien varautumisjärjestelmien ansiosta.

Yleistäen voidaan todeta, että **“normaali- tai referenssiskenaariossa” painotukset eri sää- ja ilmatoriskien välillä voivat muuttua, mutta kokonaisuutena tarkasteltuna riskien ja riskienhallinnan merkitys ei muutu dramaattisesti vuoteen 2030 mennessä, mikäli ilmastonmuutos ei etene nyt ennakoitua nopeammin.** Tarkasteltaessa kuluvan vuosisadan jälkipuoliskoa on huomattava, että sekä ilmastonmuutoksen etenemisestä että taloudellis-teknillis-yhteiskunnallisesta kehityksestä on laadittu selvästi toisistaan poikkeavia skenaarioita ^{57 58}.

Vaihtoehtoisissa tulevaisuuskuvissa sää- ja ilmatoriskien merkitys muuttuu. Tämän havainnollistamiseksi SIETO-hanketta varten muodostettiin kaksi erilaista tulevaisuudenkuvaa valtioneuvoston esittämien vaihtoehtojen pohjalta (liite 4). Toisessa, optimistisessä tulevaisuuskuvassa, yleinen yhteiskunnallinen ja taloudellinen kehitys kansallisella, EU ja globaalilla tasolla parantaa edellytyksiä vastata sää- ja ilmatoriskien kehitykseen. Tähän vaikuttavat mm. resurssitehokkuuden kasvu, talouden vahvistuminen sekä innovaatiot mm. tiedonhallinnassa. Toisen ääripään muodostaa pessimistinen, epätoivottavan yhteiskunnan piirteitä sisältävä tulevaisuuskuva, jossa eriarvoistuminen kasvaa kansallisella ja globaalilla tasolla, talous heikkenee ja instituutiot menettävät merkittävän osan legitimitettiin ja toimintakyvystään.

Vaihtoehtoisia yhteiskunnallisia tulevaisuuskuvia tarkastelemalla nähdään, että **altistuminen ja haavoittuvuus voivat kehittyä hyvin eri tavalla riippuen tulevaisuuden kehityssuunnasta** (taulukko 2.1). Mitä heikommat yhteiskunnan yleiset edellytykset ovat vähentää ja hallita riskejä, sitä todennäköisemmin riskit myös realisoituvat. Asiaan vaikuttaa myös ilmastonmuutoksen etenemisnopeus. Tilanteessa, jossa ilmastonmuutoksen hillintä epäonnistuu, riskit kasvavat nopeasti. Yhdistelmä voi johtaa itseään vahvistavaan kehitykseen, jonka seurauksena yhteiskunta rapautuu entisestään ja sen kyky vastata riskeihin heikkenee.

⁵⁷ IPCC 2013 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

⁵⁸ Riahi ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

**Taulukko 2.1. Esimerkkejä vaihtoehtoisten yhteiskunnallisten tulevaisuuskuvi-
vien merkityksestä sää- ja ilmatoriskien merkittävyyden kannalta.**

| Yhteiskuntakehityksen "normaaliskenaario" | Optimistinen tulevaisuuskuva: normaaliskenaarioon verrattuna haasteiden ja riskien helpompi hallinta | Pessimistinen tulevaisuuskuva: normaaliskenaarioon verrattuna haasteiden ja riskien selvästi vaikeampi hallinta |
|--|---|--|
| Vesistötulvien aiheuttamat riskit yhteisöille, taloudelle, yrityksille ja infrastruktuurille | | |
| Altistumisessa ei merkittävää lisäystä verrattuna nykytilaan, haavoittuvuus vähenee paremman varautumisen ansiosta. | Altistuminen voi lisääntyä, jos yhteiskuntakehitys lisää tulva-herkän infrastruktuurin käyttöä. Taloudelliset ponnistukset ilmastokestäviin ratkaisuihin vähentävät haavoittuvuutta. | Rakenteiden ja instituutioiden rapautuminen sekä eriarvoistuminen lisäävät altistumista ja haavoittuvuutta tulville. |
| Äkillisen suuren sademäärän aiheuttama riski | | |
| Hulevesitulvien riski kasvaa kaupungistumisen myötä. | Kaupungistuminen on normaalikehitystä nopeampaa, mikä lisää altistumista, mutta kaupunkirakenteen uudistukset mahdollistavat innovatiivisia hulevesien hallintaratkaisuja, jotka vähentävät haavoittuvuutta. | Kaupungistuminen on normaalikehitystä hitaampaa, mutta taloudellisten edellytysten heiketessä kaupunkirakenteen uudistuksia ei toteuteta, kunnossapito on puutteellista ja haavoittuvuus kasvaa. |
| Hellejaksojen aiheuttamat terveysriskit | | |
| Kaupungistuminen lisää altistumista, lämpöpumppujen yleistymisen ja mm. kaukokylmän käyttö vähentää haavoittuvuutta. | Kaupunkirakenteen kehittämisessä mahdollisuus luoda altistumista ja haavoittuvuutta vähentäviä teknisiä ja sosiaalisia ratkaisuja, mm. ilmastoinnin laajalla ja tehokkaalla käytöllä sekä lämpösaarekeilmiötä hillitsevillä viherrakenteilla. | Taloudellisten voimavarojen puutteessa kaupunkirakennetta ei kehitetä monipuolisesti ja asuntojen ja palvelurakennusten "korjausvelka" lisää altistumista. Väestön ikääntymisen lisää haavoittuvuutta. |
| Suomeen heijastuva riski, joka toteutuu Suomen rajojen ulkopuolella, mutta vaikutukset heijastuvat Suomeen, esimerkkinä elintarviketuonti | | |
| Altistumista häiriöille tuontielintarvikkeiden saatavuudessa voi esiintyä ja haavoittuvuus näille vaikutuksille kasvaa, jos elintarvikkeiden tuotanto globalisoituu entisestään. | Riski ei kasva vaikka altistuminen lisääntyy, jos yhteiskunnassa on taloudellisia edellytyksiä rajoittaa haavoittuvuutta esimerkiksi monipuolittamalla hankinta-alueita ja/tai kehittämällä korvaavia tuotteita. | Riski kasvaa altistumisen lisääntyessä, jos ihmisillä ei ole varaa vähentää haavoittuvuuttaan esimerkiksi maksamalla enemmän tuotteista. |

Lukujen 1-2 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

3. TOIMIALAKOHTAINEN SÄÄ- JA ILMASTORISKIEN SEKÄ HAAVOITTUVUUKSIEN TARKASTELU

3.1. Riskit luonnolle ja luonnonvaroilta

3.1.1 Luonnon nykyinen monimuotoisuus kohtaa merkittäviä riskejä

Luonnossa vakiintuneina elävät lajit altistuvat jatkuvasti sään ja ilmaston vaikutuksille. Tämä pitkälti määrittää yksilöiden selviytymisen ja lisääntymismenestyksen sekä sitä kautta lajien levinneisyysalueiden rajat ja niiden populaatioiden koot. Lajien esiintymiseen vaikuttaa ilmaston ohella myös muita elottomia eli abiottisia tekijöitä, kuten kallio- ja maaperä sekä topografia. Luontotyypit puolestaan muodostuvat Suomen luonnossa esiintyvistä lajistosta. Lajien väliset vuorovaikutukset, kuten kilpailu ja saalistus, vaikuttavat lisäksi luontotyyppien ja eliöyhteisöiden muodostumiseen.

Sää ja ilmasto vaikuttavat ratkaisevasti sekä lajien että luontotyyppien esiintymiseen Suomessa. Siksi voidaan odottaa, että **suhteellisen pienikin muutos keskimääräisessä ilmastossa vaikuttaa eliölajien ja luontotyyppien esiintymiseen voimakkaasti**. Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana tapahtunut lämpeneminen onkin jo aiheuttanut laajamittaisia muutoksia Suomen luonnossa. Kasvillisuuden perustuotanto on lisääntynyt laajalti pohjoisilla alueilla, myös Suomessa⁵⁹. Monet eteläistä alkuperää olevat lajit ovat runsastuneet voimakkaasti ja niiden levinneisyyden painopisteet ja pohjoisreunat ovat siirtyneet kohti pohjoista, esimerkkinä monet hyönteiset, kuten perhoset^{60 61} ja linnut^{62 63 64}. Vastaavasti moni levinneisyydeltään pohjoispainotteinen laji on vähentynyt ja vetäytynyt Etelä-Suomesta, esimerkkinä linnut^{65 66 67} ja perhoset⁶⁸. Lajien esiintymisen runsaussuhteissa tapahtuneet muutokset heijastuvat myös lajiyhteisöjen koostumuksiin, esimerkkinä yöperhoset, joiden yhteisökoostumus on lounaistunut viimeisen 20 vuoden kuluessa⁶⁹. Linnuilla yhteisöjen koostumus on siirtynyt keskimäärin kohti pohjois-koillista viime vuosikymmeninä⁷⁰. Myös fenologiassa eli biologisten ilmiöiden ajoittumisessa on havaittu huomattavia muutoksia, esimerkkinä kasvillisuuden aiempaa aikaisempi kehittyminen,⁷¹ lintujen kevätmuuton aikaistuminen⁷² ja hyönteisten monisukupolvisuuden yleistyminen⁷³.

Lajien ja luontotyyppien levinneisyyksien muutosten odotetaan edelleen voimistuvan Suomessa ilmastonmuutoksen edetessä. Nämä ennusteet perustuvat erityisesti ns. bioklimaatisten mallien ennusteisiin⁷⁴. Ennusteiden mukaan esimerkiksi

- pohjoisen pesimälinnuston lajimäärä vähenee alle puoleen kuluvan vuosisadan loppuun mennessä⁷⁵. Arktisen luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeät palsasuoat sulavat kuluvan vuosisadan aikana^{76 77 78}.
- Hyönteisten ja lintujen levinneisyysalueiden siirtyminen kohti pohjoista jatkuu ja voimistuu ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Lajien kyky siirtyä lämpenevän ilmaston mukana riippuu kuitenkin lajien ominaisuuksista, kuten niiden liikkumiskyvystä, ja lajeille sopivien elinympäristöjen määrästä ja alueellisesta tiheydestä^{79 80 81}.

Keinovalikoima lajien ja luontotyyppien sopeutumisen auttamiseksi muuttuvassa ilmastossa on varsin rajallinen. Koska ihmisen luontoa ja luonnonvaroja hyödyntävä toiminta on nykyisin erittäin laaja-alaista, tärkeimpänä sopeutumiskeinona on usein nostettu

⁵⁹ Huang ym. 2017 <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0328-y>

⁶⁰ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

⁶¹ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

⁶² Lehikoinen ym. 2013 <https://doi.org/10.1111/qcb.12200>

⁶³ Virkkala & Lehikoinen 2014 <https://doi.org/10.1111/qcb.12573>

⁶⁴ Virkkala & Lehikoinen 2017 <https://doi.org/10.1002/ece3.3328>

⁶⁵ Virkkala & Rajasärkkä 2011a <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1052>

⁶⁶ Virkkala & Rajasärkkä 2011b <http://hdl.handle.net/10138/232780>

⁶⁷ Laaksonen & Lehikoinen 2013 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.09.007>

⁶⁸ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

⁶⁹ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

⁷⁰ Lehikoinen & Virkkala 2016 <https://doi.org/10.1111/qcb.13150>

⁷¹ Holopainen ym. 2013 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-012-0568-0>

⁷² Jonzen ym. 2006 <https://doi.org/10.1126/science.1126119>

⁷³ Pöyry ym. 2011 <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00597.x>

⁷⁴ Heikkinen ym. 2006 <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>

⁷⁵ Virkkala ym. 2008 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.03.007>

⁷⁶ Luoto ym. 2004 <https://doi.org/10.1017/S0376892904001018>

⁷⁷ Fronzek ym. 2010 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-009-9679-y>

⁷⁸ Aalto ym. 2017 <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00669-3>

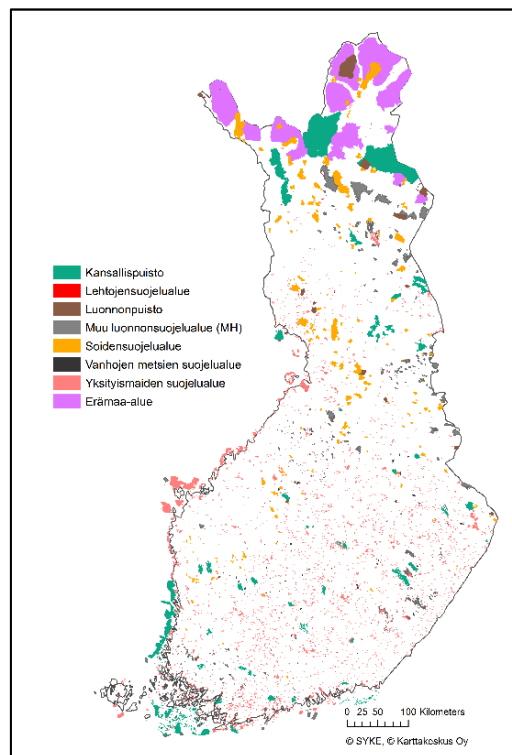
⁷⁹ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

⁸⁰ Eskildsen ym. 2013 <https://doi.org/10.1111/qcb.12078>

⁸¹ Välimäki ym. 2016 <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3525-x>

esille sellaiset maankäytölliset ratkaisut, jotka säilyttävät mahdollisimman paljon lajien luontaisia elinympäristöjä ja vahvistavat siten lajien kantoja sekä lisäävät lajien todennäköisyyttä siirtyä muuttuvaa ilmastoa seuraten alueelta toiselle. **Tärkein yksittäinen tällainen keino on sekä maantieteellisesti että luontotyyppien esiintymisen suhteen mahdollisimman kattava luonnonsuojelualueiden verkosto**^{82 83 84 85}. Suojelualueiden sisällä on mahdollista toteuttaa keinoja, joilla voidaan joko edistää tai hidastaa ennustettuja muutoksia, esimerkiksi toimet, joilla pyritään estämään nykyisin puuttomien tunturialueiden metsittymistä⁸⁶. Sellaisten lajien, joiden luontaista siirtymistä rajoittaa sopivien elinympäristöjen määrä, sopeutumista voidaan mahdollisesti, joskin rajallisesti, auttaa siirtoistutuksilla⁸⁷.

Koska luonnonsuojelualueet voivat parhaimmillaankin kattaa vain pienen osan maaja vesialueiden kokonaispinta-alasta, tarvitaan toimia myös niiden ulkopuolella, ns. tavanomaisessa talouksikäytössä olevilla alueilla. Suomessa lisäksi nykyinen suojelualueverkko painottuu voimakkaasti maan pohjoisosiin (kuva 3.1). Esimerkkejä tällaisista toimista ovat luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeiden alueiden ylläpitäminen maatalousalueilla maatalouden ympäristötuen avulla sekä metsätalouden kehittäminen ilmastomuutoksen ja luonnon monimuotoisuuden keskinäiset riippuvuussuhteet aiempaa paremmin huomioon ottavaksi^{88 89}. **Erityisen tärkeää olisi pyrkiä synnyttämään ns. ekologiaa käytäviä, joilla yhdistetään toisiinsa luonnonsuojelualueita ja mahdollistetaan lajien siirtyminen näiden välillä**⁹⁰.



Kuva 3.1. Suomen suojelualueverkko vuonna 2018. Kuvassa on korostettu alueiden reunaviivoja, jotta pienemmät alueet erottuvat kartalla.

⁸² Hannah ym. 2007 [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[131:PANIAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[131:PANIAC]2.0.CO;2)

⁸³ Gillingham ym. 2012 <https://doi.org/10.1111/conn.12118>

⁸⁴ Thomas & Gillingham 2015 <https://doi.org/10.1111/bij.12510>

⁸⁵ Aapala ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>

⁸⁶ Olofsson ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/i.1365-2486.2009.01935.x>

⁸⁷ Hällfors ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/i.biocon.2016.11.023>

⁸⁸ Kellomäki ym. 2008 <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>

⁸⁹ Mazziotta ym. 2015 <https://doi.org/10.1111/qcb.12677>

⁹⁰ Tainio ym. 2016 <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0684-y>

Arvioitaessa luonnon monimuotoisuuden kohdistuvia sää- ja ilmatoriskeitä käytettiin pohjana Sorvalin (2013)⁹¹ raportissa julkaistua jakoa viiteen riskien päätyppiin: 1) muutokset ja siirtymät lajien levinneisyysalueissa ja runsauksissa, 2) elinympäristöjen muutokset ja häviäminen, 3) uhanalaisten lajien menestyminen heikkenee entisestään, 4) ekosysteemipalveluiden heikkeneminen ja 5) vieraslajit hyötyvät suhteessa alkuperäiseen lajistoon. Aihepiiriä käsittelevä tutkimus on lisääntynyt voimakkaasti viimeisten vuosien aikana, ja siksi riskien arvioinnin osana käytiin läpi ilmastonmuutosta ja luonnon monimuotoisuutta käsittelevä tuorein kirjallisuus. Tässä käytettiin pohja-aineistona erityisesti Suomen ympäristökeskuksessa vuosina 2017-2019 toteutettavan "Suojelualueverkosto muuttuvassa ilmastossa" tutkimushankkeen (SUMI) esiselvityksessä tuotettua ajantasaista kirjallisuusselvitystä⁹². Tarkastelun pääfokus on maa- ja sisävesien ympäristöissä.

Muutokset ja siirtymät lajien levinneisyysalueissa ja runsauksissa

Keskilämpötilan ja vuotuisen lämpösumman nousu sekä talvien kovien pakkasjaksojen harvinaistuminen vaikuttavat Suomen luontaisen lajiston esiintymiseen. Nämä vaikutukset ulottuvat koko maahan ja niiden odotetaan voimistuvan kuluvan vuosisadan loppua kohti. **Pohjoinen, viileään ilmastoon sopeutunut lajisto vähenee, ja vaarana on, että se häviää suureksi osaksi maasta**^{93 94 95 96 97 98 99}. **Vastaavasti eteläinen lajisto runsastuu ja osin syrjäyttää aiemman viileämpään ilmastoon sopeutuneen lajiston**^{100 101 102 103 104}. Erityisen haavoittuvia ovat viileään ilmastoon sopeutuneet ja liikkumiskyvyltään heikot lajit^{105 106 107 108}. Runsastuvien eteläisten lajien joukossa on potentiaalisia tuholaisia^{109 110}, ja tietyt eläinperäisesti leviävät taudinaiheuttajat voivat runsastua, esimerkkinä puutiainen levittämät sairaudet ja ekinokokki-loinen¹¹¹ (ks. myös [luku 3.2.6](#)), jotka voivat myös heikentää luonnon virkistyskäytön mahdollisuuksia. **Lajien levinneisyysalueiden muutosten merkittävimmät yhteiskunnalliset vaikutukset kohdistuvat alkutuotantoon, jossa on odotettavissa merkittäviä sopeutumisvaikutuksia**^{112 113 114}.

Elinympäristöjen muutokset ja häviäminen

Kuten lajien levinneisyysmuutosten kohdalla, ilmastonmuutoksen vaikutukset elinympäristöihin ulottuvat koko maahan ja niiden odotetaan voimistuvan vuosisadan loppua lähestyttäessä. **Viileälle ilmastolle tyypilliset elinympäristöt, kuten tunturit ja palsasuoat, ovat eri-**

⁹¹ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

⁹² Aapala ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>

⁹³ Virkkala ym. 2010 <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.01.006>

⁹⁴ Virkkala & Rajasärkkä 2011a <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1052>

⁹⁵ Virkkala & Rajasärkkä 2011b <http://hdl.handle.net/10138/232780>

⁹⁶ Laaksonen & Lehikoinen 2013 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.09.007>

⁹⁷ Lehikoinen ym. 2013 <https://doi.org/10.1111/qcb.12200>

⁹⁸ Virkkala ym. 2014 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.04>

⁹⁹ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

¹⁰⁰ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

¹⁰¹ Lehikoinen ym. 2013 <https://doi.org/10.1111/qcb.12200>

¹⁰² Virkkala & Lehikoinen 2014 <https://doi.org/10.1111/qcb.12573>

¹⁰³ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

¹⁰⁴ Virkkala & Lehikoinen 2017 <https://doi.org/10.1002/ece3.3328>

¹⁰⁵ Heino ym. 2008 <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00060.x>

¹⁰⁶ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

¹⁰⁷ Virkkala ym. 2010 <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.01.006>

¹⁰⁸ Virkkala ym. 2014 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.041>

¹⁰⁹ Vanhanen ym. 2007 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1400631>

¹¹⁰ Leinonen ym. 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161221>

¹¹¹ Davidson ym. 2012 <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.03.004>

¹¹² Kellomäki ym. 2008 <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>

¹¹³ Mazziotta ym. 2015 <https://doi.org/10.1111/qcb.12677>

¹¹⁴ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

tyisen haavoittuvia. Tällaiset elinympäristöt voivat mahdollisesti kadota maasta kokonaan tai lähes kokonaan kuluvan vuosisadan loppuun mennessä ^{115 116}. Lämpenemisen ja typpilaskeuman aiheuttaman rehevöitymisen vaikutukset elinympäristöihin muistuttavat toisiaan ja saattavat voimistaa toistensa vaikutuksia ¹¹⁷. Samoin avoimien ja niukkaravinteisten elinympäristöjen umpeenkasvun ja muuntumisen runsasravinteisiksi voidaan olettaa nopeutuvan. Kuten lajien kohdalla, **elinympäristöjen muuttumisen suurimmat yhteiskunnalliset vaikutukset kohdistuvat maa-, metsä- ja riistatalouteen, joissa on odotettavissa huomattavia sopeutusvaikutuksia** ^{118 119 120}.

Uhanalaisten lajien menestyminen heikkenee entisestään

Moni laji on uhanalaistunut sopivien elinympäristöjen niukkuuden ja vähenemisen vuoksi. Tällaiset lajit voivat jatkossa kohdata entistä suurempia ongelmia. Ne eivät useinkaan pysty seuraamaan muuttuvaa ilmastoa, koska sopivien elinympäristöjen verkosto on liian harva ^{121 122 123}. **Sitoutuminen avoimiin ja niukkaravinteisiin ympäristöihin sekä heikko liikkumiskyky lisäävät uhanalaisten lajien haavoittuvuutta sää- ja ilmatorisille** ¹²⁴. Uhanalaisten lajien heikkenevän menestyksen merkittävimmät yhteiskunnalliset vaikutukset ulottuvat uhanalaisten lajien suojelun kanssa työskenteleviin kansalaisjärjestöihin ja viranomaisiin, joiden on sopeutettava toimintaansa muuttuviin olosuhteisiin ^{125 126}. Uhanalaistuneiden lajien sopeutumispotentiaali on yleensä heikko, sillä ne ovat usein sitoutuneet harvinaisiin tai väheneviin elinympäristöihin ja niillä on lisäksi lajiominaisuuksia, jotka heikentävät niiden sopeutumismahdollisuuksia.

Ekosysteemipalveluiden heikkeneminen

Ekosysteemipalveluiden kenttä on hyvin laaja ja kattaa hyvin erilaisia teemoja biologisesta perustuotannosta elinympäristöjen kykyyn pidättää tulvavesiä ja luonnon virkistyskäyttöön. Tämän vuoksi **ilmastonmuutoksen vaikutukset ekosysteemipalveluihin vaihtelevat voimakkaasti eri toimialoilla, eikä ole mahdollista osoittaa yleistä ekosysteemipalveluiden heikkenemistä**. Ekosysteemipalveluiden muutosten arviointia lisäksi vaikeuttaa se, että aihepiiriä on edelleen tutkittu suhteellisen niukasti. Tämän vuoksi suuri osa ennusteista perustuu edelleen asiantuntija-arvioihin. Oletettavasti vaikutukset kuitenkin ovat voimakkaimmat viileään ilmastoon sopeutuneissa ekosysteemeissä ^{127 128}. Maa- ja metsätaloudessa kohoavat lämpötilat potentiaalisesti lisäävät biologista perustuotantoa ja siten satotasoja ja puuston kasvua ¹²⁹. Samanaikaisesti kasvitautien ja tuholaisten lisääntyminen voi heikentää satotasoja tai metsien kasvua. Samoin pölyttäjähönteisten kantojen pieneneminen voi heikentää hyönteispölytteisten viljelykasvien satotasoja ja kasvattaa viljelyn kustan-

¹¹⁵ Fronzek ym. 2010 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-009-9679-y>

¹¹⁶ Aalto ym. 2017 <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00669-3>

¹¹⁷ Fridley ym. 2016 https://www.nature.com/articles/nclimate3032?WT.feed_name=subjects_grassland-ecology

¹¹⁸ Kellomäki ym. 2008 <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>

¹¹⁹ Mazziotta ym. 2015 <https://doi.org/10.1111/gcb.12677>

¹²⁰ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

¹²¹ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

¹²² Virkkala ym. 2010 <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.01.006>

¹²³ Virkkala ym. 2014 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.041>

¹²⁴ Pöyry ym. 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

¹²⁵ esim. Heikkinen ym. 2015 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.09.028>

¹²⁶ esim. Tainio ym. 2016 <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0684-y>

¹²⁷ Bergström ym. 2011 <http://hdl.handle.net/10138/37028>

¹²⁸ Forsius ym. 2013 <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.01.001>

¹²⁹ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

nuksia. **Koska ilmastonmuutos vaikuttaa kaikkiin Suomessa esiintyviin ekosysteemiin, voi useiden ekosysteemipalveluiden tuotanto muuttua merkittävästi, mutta aihepiiristä tarvittaisiin kiireellisesti lisää tutkimusta** ^{130 131}.

Vieraslajit hyötyvät suhteessa alkuperäiseen lajistoon

Vieraslajien alkuperäistä lajistoa syrjäyttävä vaikutus on nykyisellään voimakkain maan eteläosissa, mutta sen ennustetaan voimistuvan ja leviävän laajemmalle vuosisadan loppuun mennessä ¹³². Vieraslajit voivat jo nykyisellään syrjäyttää alkuperäistä lajistoa tietyissä, erityisesti ihmisvaikutteisissa ympäristöissä, mutta niiden vaikutuksen voidaan olettaa voimistuvan esimerkiksi vesistöissä. Haitallisten vieraslajien runsastumisen voidaan olettaa lisäävän esimerkiksi maa- ja metsätalouden kustannuksia tulevaisuudessa ¹³³. Lisäksi ne vaikeuttavat uhanalaisten lajien suojelemiseksi tehtävää työtä ja voivat lisätä kustannuksia myös tällä toimialalla. Tietyillä vieraslajeilla, kuten jättiputkilla, on myös ihmiseen kohdistuvia terveysvaikutuksia. Vieraslajien torjuntaa säätelevää lainsäädäntöä ja käytännön toimia on edistetty määrätietoisesti viime vuosien aikana. Haitallisten vieraslajien ja maahantuloa ja seuranta säätelee vieraslajilaki ¹³⁴. Kansallisesti merkittävät haitalliset vieraslajit on määritelty vieraslajiasetuksessa ¹³⁵. Molemmat säädökset tulivat voimaan vuoden 2016 alusta lukien. EU:n luettelo haitallisista vieraslajeista ¹³⁶ hyväksyttiin joulukuussa 2015. Luetteloon kuuluvien lajien maahantuonti, kasvattaminen, myynti ja muu hallussapito sekä ympäristöön päästäminen on kielletty. Vieraslajeja koskevan tiedotuksen, havaintojen keruun ja torjuntatoimien tehostamiseksi on perustettu kansallinen vieraslajiportaali ¹³⁷. Vieraslajien esiintymispaikkoja koskevan tiedonkeruun tehostaminen on keskeisen tärkeää, sillä vieraslajien torjunta on tehokkainta ja halvinta alkuvaiheessa, ennen kuin ne ehtivät levittäytyä laajemmalle ¹³⁸.

Luvun 3.1.3 viitteet löytyvät [Luvusta 6](#).

3.1.2 Riskit vesivaraille ja vesihuollolle muuttuvat

Vesivarojen käyttö ja vesihuolto ovat riippuvaisia veden määrästä ja laadusta. **Ääri-ilmiöiden (rankkasateet, tulvat, myrskyt ja kuivuus) muuttuminen ilmastonmuutoksen myötä sekä ilmiöiden vuodenaikaisvaihtelun muutokset vaativat monin paikoin sopeutumista.** Vaikutusten suuruus ja suunta vaihtelevat alueittain ja vuodenajoin, mikä johtuu vesistöjen ja vesimuodostumien hydrologisista ominaispiirteistä, joten yleistettävyyttä on hankalaa. ¹³⁹

Tärkeimmät keinot vesivaroihin liittyviin riskeihin sopeutumisessa ovat riskien ottaminen huomioon kaavoituksessa ja suunnittelussa (mm. tulvariskialueet, hulevesitulvien ehkäisy) sekä etukäteen varautuminen mm. kehittämällä säännöstelykäytäntöjä, maatalouden vesien hallintaa ja vesihuollon toimintavarmuutta (varavesilähteet, vedenkäsittelyvalmiuden parantaminen, verkostojen mitoituksen tarkistaminen, varavoimalähteiden varmistaminen, pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat jne.) ^{140 141}. **Yleisesti mahdollisuudet sopeutumiseen**

¹³⁰ Bergström ym. 2011 <http://hdl.handle.net/10138/37028>

¹³¹ Forsius ym. 2013 <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.01.001>

¹³² Heikkinen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38721>

¹³³ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

¹³⁴ Laki vieraslajeista aiheutuviin riskien hallinnasta (1709/2015) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151709>

¹³⁵ Valtioneuvoston asetus kansallisesti merkityksellisistä haitallisista vieraslajeista (1725/2015) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151725>

¹³⁶ Euroopan unionin kannalta merkityksellisten haitallisten vieraslajien luettelo <http://vieraslajit.fi/fi/content/euroopan-unionin-kannalta-merkityksellisten-haitallisten-vieraslajien-luettelo>

¹³⁷ Vieraslajiportaali <http://vieraslajit.fi>

¹³⁸ Heikkinen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38721>

¹³⁹ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

¹⁴⁰ Veijalainen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38789>

¹⁴¹ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/3873>

ovat vesisektorilla hyvät, koska vesivarat ovat runsaat ja osaamisen taso on korkea

¹⁴².

Tulvien ja kuivuuden luonnollinen vaihtelu on suurta, joten ilmastonmuutoksen vaikutus niihin näkyy selvemmin vasta keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät kuitenkin jo nyt talvivirtaamien kasvuna ja kevättulvien aikaistumisena Etelä- ja Keski-Suomessa, ja vaikutukset lisääntyvät 2000-luvun aikana. Lyhyellä aikavälillä suurimmat tulvariskit ovat todennäköisesti seuraavat:

- hyydetulvariski lisääntyy
- suurten vesistöjen tulvariski kasvaa
- pienten vesistöjen rankkasadetulvat yleistyvät
- kaupunkien hulevesitulvat yleistyvät.

Myös kesän kuivuudet todennäköisesti lisääntyvät Etelä- ja Keski-Suomessa, mikä johtuu kevään aikaistumisesta ja vähälumisuudesta sekä haihdunnan kasvusta ¹⁴³. Kuivuuden sekä myrskyjen ja rankkasateiden ennakoitu lisääntyminen näkyvät esimerkiksi vesihuollossa pienten pohjavesiesiintymien kuivumisena, pohja- ja pintaveden laadun heikentymisenä tulvaveden huuhtomien ravinteiden ja taudinaiheuttajien kautta tai jätevesiverkoston kapasiteetin rajallisuutena ja siten ylivuotoina jätevedenpumppaamoilla ¹⁴⁴. Pitkällä aikavälillä Itämeren pinnannousu lisää merivesitulvien riskiä etenkin Suomenlahden rannikolla. Itämeren pinnannousun arvioidaan olevan hieman (noin 20 %) vähäisempää kuin valtamerillä keskimäärin ja maankohoaminen kompensoi muutosta erityisesti Pohjanlahden rannikolla ^{145 146}. Vuosivalunnan kasvu luo mahdollisuuksia vesivoiman tuotannon lisäämiseen, mutta aiheuttaa toisaalta haasteita muun muassa kaivosalueiden vesienhallintaan (ks. [luku 3.2.3](#)).

Tärkeimmiksi sää- ja ilmastoriskeiksi vesivarasektorilla on tehtyjen tutkimusten ja analyysien pohjalta arvioitu hulevesitulvien kasvaminen, vesistötulvien muutokset, äärisään aiheuttamat riskit vesihuollossa ja kuivuuden lisääntyminen. Muita vesiin vaikuttavia sää- ja ilmastoriskejä ovat hyyde- ja merivesitulvien lisääntyminen, veden laadun heikkeneminen ja leväkukintojen lisääntyminen. Näistä hyydetulvien lisääntyminen on jo tapahtunut, ja hyydeongelmat tulevat olemaan yleisiä lähitulevaisuudessa, ¹⁴⁷ mutta hyydetulvien aiheuttamat vahingot ovat yleensä melko paikallisia ja säännöstelyissä vesistöissä niihin voidaan varautua juoksutus- ja lupamuutoksilla. Merivesitulvien lisääntymisen riski kasvaa vasta kauempana tulevaisuudessa, ja se otetaan nykyään hyvin huomioon kaavoituksessa ¹⁴⁸. Merivesitulvien lisääntyminen vaatii kuitenkin jatkuvaa seurantaa ja uutta tutkimusta, koska sen aiheuttamat potentiaaliset vaikutukset voivat olla suuria. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa muutoksia veden laadussa ja lisätä rehevöitymistä ja leväkukintoja, mikä johtuu mm. ravinteiden runsaammasta huuhtoutumisesta ja korkeammista lämpötiloista ^{149 150 151 152}. Tämä voi haitata teollisuuden ja yhdyskuntien vedenottoa ja vesistöjen virkistyskäyt-

¹⁴² Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

¹⁴³ Veijalainen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38789>

¹⁴⁴ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

¹⁴⁵ Pellikka ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>

¹⁴⁶ Johansson ym. 2014 <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.08.007>

¹⁴⁷ Aaltonen ym. 2010 http://www.riverice.ca/IAHR%20Proc/20th%20Ice%20Symp%20Lahti%202010/Papers/133_Aaltonen.pdf

¹⁴⁸ Kahma ym. 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

¹⁴⁹ Rapala ym. 2005 <https://doi.org/10.1002/tox.20109>

¹⁵⁰ Meier ym. 2012 <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-012-1339-7>

¹⁵¹ Huttunen ym. 2015 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.055>

¹⁵² Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

töä sekä lisätä vesiepidemioiden riskiä. Myös kalakuolemat voivat lisääntyä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksista veden laatuun on kuitenkin tehty vain vähän tutkimusta ja siitä kaivattaisiin lisätietoa riskin ja sopeutumismahdollisuuksien tarkempaa arvioimista varten.

Ilmastonmuutoksen epäsuorat vaikutukset muilta toimialoilta ja globaalit heijastevaikutukset voivat vaikuttaa merkittävästi myös vesivaroihin, mutta näistä vaikutuksista on tehty vain vähän arvioita. Esimerkiksi ilmaston aiheuttaman muuttoliikkeen aiheuttama merkittävä lisäys Suomen väkiluvussa aiheuttaisi haasteista vesihuollon toimivuudelle, ja kastelun merkittävä lisääntyminen maataloudessa vaikuttaisi vesivarojen riittävyyteen etenkin Lounais- ja Etelä-Suomessa. Hydrologiset riskit voivat aiheuttaa myös merkittäviä epäsuoria ja välillisiä vaikutuksia muille toimialoille, kuten maataloudelle tai energiataloudelle.

Hulevesitulvat

Rankkasateiden arvioidaan ilmastonmuutoksen myötä voimistuvan merkittävästi ¹⁵³ **154. Rankkasateiden ja lumen sulamisen aiheuttamat hulevesitulvat taajama-alueilla voivat aiheuttaa suuria vahinkoja, ja niiden ennakoiminen on hyvin vaikeaa.** Merkittävimmät vahingot aiheutuvat yleensä kiinteistöille, terveydelle ja turvallisuudelle sekä liikenneyhteyksien katkeamisen kautta laajemmin koko yhteiskunnalle. Myös vedenottokaivojen vedenlaatu voi heikentyä.

Kaupunkialueiden ennakoidaan tiivistyvän entisestään lähivuosikymmeninä, mikä lisää vettä läpäisemättömien pintojen määrää sekä pintavalunnan määrää ja intensiteettiä. **Tiiviimmän ja teknisemmän rakentamisen myötä myös haavoittuvuus kasvaa ja mahdollisten vahinkojen vaikutukset monimutkaistuvat.** Hulevesitulvia voidaan ehkäistä kaavoituksella ja kaavamääräyksillä sekä asukkaiden omilla toimilla. Esimerkiksi viheralueita ja muita vettä läpäiseviä pintoja voidaan suunnitella yhdyskuntarakenteen lomaan sekä antaa määräksi kiinteistökohtaisesta huleveden johtamisesta ja käsittelystä ¹⁵⁵. Tärkeää on myös lisätä hulevesijärjestelmien kapasiteettia ja kunnossapitoa esimerkiksi ehkäisemällä hulevesikaivojen jäätymisestä sekä lehtien tai roskien kertymisestä aiheutuvaa tukkeutumista.

Vesistöjen suurtulvat

Vesistöjen suurtulvat ovat Suomessa harvinaisia, mutta niiden vaikutukset voivat olla laaja-alaisia ja pitkäkestoisia. Alueelliset erot suurtulvariskissä ovat hyvin suuria ¹⁵⁶. **Myös ilmastonmuutoksen vaikutus tulviin vaihtelee merkittävästi eri vesistöissä.** Tulvien ennakoidaan kasvavan suurten vesistöjen keskusjärvissä ja laskujoissa, kuten Saimaalla ja Kymijoenlaaksoissa. Myös pienten vesistöjen rankkasadetulvat todennäköisesti kasvavat. Sen sijaan lumen sulamisesta aiheutuvat kevättulvat pienenevät Lappia lukuun ottamatta, ja niiden aiheuttama tulvariski pienenee. ¹⁵⁷

Tulvat aiheuttavat Suomessa vain harvoin suoria vahinkoja ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle. Tällaisten vahinkojen riski on kuitenkin olemassa, jos tulvat ovat laaja-alaisia ja kestävät pitkään, ja siksi niihin on tärkeää varautua. Suurtulva voi uhata terveyttä suoranaisesti (henkilö joutuu tulvaveden varaan) mutta myös vesihuollon kautta (tulvavesi voi saastuttaa yhdyskuntien ja kiinteistökohtaisten talouksien kaivoveden). Taloudelliset riskit voivat olla hyvin merkittäviä omaisuudelle (talojen tai peltojen kastuminen), liikenteelle (liikenneyhteyksien katkokset, teiden rikkoutuminen) ja teollisuudelle (tuotantokatkot, vahingot). Tulvat aiheuttavat myös ympäristövaikutuksia mm. ravinnekuormituksen li-

¹⁵³ Lehtonen ym. 2014 [doi:10.1002/joc.3758](https://doi.org/10.1002/joc.3758)

¹⁵⁴ Aaltonen ym. 2008 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38381>

¹⁵⁵ Jormola ym. 2016 <http://www.syke.fi/download/noname/%7BA47F0704-7558-4025-B2E9-F09ECABB0380%7D/125854>

¹⁵⁶ Ollila ym. 2000 <http://hdl.handle.net/10138/40504>

¹⁵⁷ Veijalainen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38789>

sääntymisen seurauksena. Suurtulvat vaikuttavat myös patoturvallisuuteen patojen mitoitus-
tulvien pääosin kasvaessa ¹⁵⁸. Patoturvallisuus on kuitenkin Suomessa hyvällä tasolla ja nyt
ennakoituihin muutoksiin pystytään suureksi osaksi sopeutumaan.

Tärkeimmät keinot tulviin liittyvässä riskienhallinnassa ovat tulvariskien ottaminen huomioon
kaavoituksessa, alueelliset ennusteet ja varoitukset, tulvalainsäädännön mukaiset tulvakar-
tat ja hallintasuunnitelmat sekä joustavat säännöstelyluvat ja -käytännöt ¹⁵⁹. Suuri merkitys
on myös asukkaiden ja toimijoiden tulvatietoisuudella ja omatoimisella varautumisella.

Äärisään aiheuttamat riskit vesihuollossa

**Ilmastonmuutos lisää myrskytuulien vahinkojen määrää ja rankkasateiden voimak-
kuutta, mikä puolestaan lisää vesihuollon toimintahäiriöiden (sähkökatkot ym.) sekä
pohja- ja pintaveden pilaantumisen aiheuttamia riskejä.** Tulvavesi, hulevedet, runsaat
sateet ja lumen sulamisvesi voivat heikentää yhdyskuntien ja kiinteistökohtaisten vedenotto-
kaivojen veden laatua ¹⁶⁰ ja aiheuttaa riskejä terveydelle (mm. vesivälitteisen epidemiat, ks.
[luku 3.2.6 terveysriskit](#)) sekä heikentää siten vesihuollon toimintavarmuutta. Jätevesipuolella
rankkasateet ja tulvat voivat johtaa verkostokapasiteetin ylittymiseen ja ylivuotoihin etenkin
sekaviemäriverkostojen pumppaamoilla ¹⁶¹. Ylivuotojen pitäisi olla hallittuja, jotta niistä ei ai-
heudu haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jos sadanta lisääntyy, eikä vesihuoltoverkoston
saneeraustahtia kasvateta korjausvelan kuittaamiseksi, nykyisten järjestelmien kapasiteetti
ylittyy yhä useammin. Saneerauksia tarvitaan huonokuntoisen verkoston vuotojen vähentä-
miseksi, sekaviemäroinnistä eroon pääsemiseksi ja kapasiteetin turvaamiseksi.

Vesihuollon varautuminen äärisään ilmiöihin, kuten tulviin ja myrskyihin, pitää sisällään raa-
kavesilähteiden veden laadun ja määrän turvaamisen sekä toisaalta jätevesipäästöjen en-
naltaehkäisyn (ks. [luku 3.2.6 terveysriskit](#)).

Vesihuoltolaitokset ovat tottuneet varautumaan jonkinasteisiin sään ääri-ilmiöihin, mutta il-
mastonmuutoksen myötä ilmiöt äärevöityvät ja niitä esiintyy entistä tiheämmin, mikä lisää
varautumistarvetta. Suurella osalla laitoksia ei ole erillisiä suunnitelmia ilmastonmuutoksen
varalle ¹⁶². Monella laitoksella ilmastonmuutokseen varautuminen on osa muita varautumis-
ja valmiussuunnitelmia. Varautumissuunnittelussa ja tilanteiden hallinnan harjoittelussa voi
olla puutteita erityisesti harvinaisten tilanteiden osalta. Lähes kaikilla vesihuoltolaitoksilla on
varavoimalähde sähkökatkojen varalle ¹⁶³.

**Lisäksi sää- ja ilmatoriskit koskettavat niitä arviolta 250 000 taloutta, joiden veden-
hankinta on oman kaivon varassa.** Heillä varavoimalähteitä on vain harvoin, joten myrsky-
jen tai tykkylumen aiheuttavat sähkökatkot voivat aiheuttaa ongelmia. Samoin kaivojen pi-
laantuminen rankkasateiden seurauksena on riski, johon yksityiskaivojen varassa olevat ta-
loudet ovat usein huonosti varautuneita.

Kuivuuden aiheuttamat riskit

Kesän kuivuus saattaa lisääntyä Etelä- ja Keski-Suomessa. Tämä johtuu siitä, että ke-
vääät aikaistuvat ja muuttuvat vähälumisimmiksi ja korkeamman lämpötilan takia haihdunta

¹⁵⁸ Veijalainen & Vehviläinen 2008 <http://hdl.handle.net/10138/38377>

¹⁵⁹ Veijalainen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38789>

¹⁶⁰ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

¹⁶¹ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

¹⁶² Liikanen 2018 (Tekniikka ja talous 15.3.2018) https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/ilmastonmuutos-runteele-suomen-pellot-ja-vesi-infran-tama-on-jatkuvaa-taistelua-6697226

¹⁶³ Liikanen 2018 (Tekniikka ja talous 15.3.2018) https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/ilmastonmuutos-runteele-suomen-pellot-ja-vesi-infran-tama-on-jatkuvaa-taistelua-6697226

voimistuu.¹⁶⁴ ¹⁶⁵ **Kuivuudesta aiheutuu riskejä maataloudelle ja teollisuudelle sekä yhdyskuntien ja kiinteistöjen vesihuollolle.** Harvinaisemmat pitkittyneet kuivuusjaksot voivat johtaa pohjavesikaivojen kuivumiseen tai pohjaveden laadun muutoksiin erityisesti haja-asutusalueilla ja pienten pohjavesimuodostumien alueella¹⁶⁶. Vakavalla kuivuudella olisi laaja-alaiset vaikutukset, ja tilanne voi kestää hyvinkin pitkään, useita kuukausia. Kuivuuden riskiä on toistaiseksi tutkittu vähänlaisesti ja erityisesti harvinaisten kuivuuksien riskit ja niiden muuttuminen ilmastonmuutoksen myötä tunnetaan puutteellisesti.

Kuivuudelle altistuminen ja sen seuraukset vaihtelevat merkittävästi mm. pohjavesiesiintymien koosta ja varavesilähteiden läheisyydestä riippuen. Kuivuuden riski on suurin Etelä- ja Lounais-Suomessa, missä järviä on vähän, pohjavesiesiintymät pirstaloituneet ja vedenkäyttö suhteessa käytettäviin vesivaroihin on suurin. Pienimpien vesilaitosten haavoittuvuutta lisäävät resurssien saatavuus ja tietotaidon tason vaihtelu. Kiinteistökohtaisessa vesihuollossa haavoittuvuutta voi lisätä esimerkiksi oman kaivon varassa olevan väestön ikääntyminen.

Kuivuuteen voidaan varautua seuraavin keinoin: parantamalla ennusteita ja säännöstelyä käytäntöjä. Maataloudessa tehokkainta on parantaa vesien hallintaa (ks. luku [3.1.3 Luonnonvara-alat](#)) ja karjatalouden varautumista. Teollisuudessa ja yhdyskuntien vesihuollossa riskejä voidaan pienentää parantamalla varautumista muun muassa kartoittamalla varavesilähteitä ja rakentamalla siirtolinjoja sekä laatimalla varautumissuunnitelmia kuivuuden varalle.

Luvun 3.1.2 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

3.1.3 Uusia riskejä luonnonvara-aloille

Luonnonvara-alat, kuten maa-, metsä-, kala-, riista- ja porotalous, ovat täysin riippuvaisia luonnonoloista ja siellä tapahtuvista muutoksista. Ilmastonmuutos tuo mukanaan luonnosta riippuvaisille aloille sekä riskejä että mahdollisuuksia. Jotta ilmastonmuutoksesta aiheutuvia riskejä voidaan minimoida mahdollisimman tehokkaasti ja toisaalta maksimoida siitä mahdollisesti koituvat hyödyt, tulee ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset ja riskit ennakoita kattavasti. **Tässä raportissa pääpaino on maa- ja metsätaloudessa, mutta itse riskienhallintakeinot ulotamme myös kala-, riista- ja porotalouteen.** Kattavammin ajankohtaista tietoa kaikkien luonnonvara-alojen ilmatoriskeistä löytyy Sopeutumisen tila 2017 -raportista¹⁶⁷.

Luonnonvara-alojen kohdalla keskeinen ohjaava rooli on kansallisesti maa- ja metsätalousministeriöllä, mutta kansainväliset sopimukset ja EU-politiikka vaikuttavat merkittävästi luonnonvara-alojen toimintaedellytyksiin. Ohjauskeinojen kirjo on luonnonvara-alastakin riippuen laaja. Erilaisten taloudellisten ja hallinnollisten ohjauskeinojen, kuten tukien ja lupamääräysten, merkitys on tyypillisesti suuri.

Maataloudessa Suomen ollessa osa Euroopan unionia, maatalouspolitiikkamme perustuu yhteisen maatalouspolitiikan (CAP) tukimuodoille. Näitä ovat unionin kokonaan rahoittamat suorat tuet sekä unionin osittain rahoittamat korvaukset, kuten luonnonhaittakorvaus (LFA) sekä maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä. Järjestelmät pyrkivät muun muassa kannustamaan monimuotoiseen viljelyyn, mikä auttaa hajauttamaan ilmastonmuutoksesta ai-

¹⁶⁴ Veijalainen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38789>

¹⁶⁵ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

¹⁶⁶ Vienonen ym. 2012 <http://hdl.handle.net/10138/38739>

¹⁶⁷ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

heutuvia riskejä, lisäämään ilmastokestävyyttä sekä sopeutumaan tuleviin ja jo toteutuneisiin muutoksiin. Vallitsevat yksipuoliset viljelykierron ovat kuitenkin osoitus kannustimien toimimattomuudesta, mutta toisaalta tulevaisuuden monimuotoistamisen mahdollisuuksista osana sää- ja ilmastoriskeihin sopeutumista¹⁶⁸. Maataloustukien perusvaatimuksien, täydentävien ehtojen, tavoitteena on mm. estää eroosiota, säilyttää maan orgaaninen aines ja maan rakenne sekä varmistaa maatalousmaan hoidon vähimmäistaso. Täydentävien ehtojen mukaan viljelijöiden tulee huolehtia maatalousmaasta ja -ympäristöstä siten, että ne säilyvät viljelykelpoisina. Peltomaan hyvä kasvukunto, mikä pitää sisällään niin maanrakenteen, hiilivarannot kuin maaperäeliöstön, on maatalouden onnistuneen sopeutumisen mutta myös sääriskien hallinnan ehdoton edellytys. Viherryttämistuen vaatimukset koskevat osaa tukikelpoisesta maatalousmaasta ja sisältävät viljelyn monipuolistamisen lisäksi velvoitteita pysyvien nurmien ylläpidosta ja ekologisista aloista. Myös erityisesti maatalouden ympäristökorvauksella voidaan nähdä rooli ilmastomuutoksen mukanaan tuomien riskien hallinnassa esimerkiksi vähennettyjen ravinnepanosten käyttöön liittyen. Maataloustuotannon riskejä ja sen aiheuttamia ympäristöhaittoja voidaan vähentää viisivuotiseen sitoumukseen perustuvan ympäristökorvauksen valinnaisilla toimenpiteillä. Niitä ovat valumavesien hallinta, ympäristönurmet, talviaikainen kasvipeitteisyys ja peltoluonnon monipuolisuus. Peltojen vesitalouden hallintaan, kuten salaojainvestointeihin, on saatavissa maatalouden investointitukea. Vesitalouden hallinnalla ennaltaehkäistään riskejä, jotka liittyvät maaperän kasvukuntoon, sadontuoton onnistumiseen sekä eroosioon ja ravinnehuuhtoumiin.

Alan toimijoista erityisesti kasvinjalostuksella on keskeinen rooli maatalouden riskien hallinnassa, viljelyvarmuuden parantamisessa sekä ilmastomuutokseen sopeutumisessa. Kun lajikkeita kehitetään Suomen varsin poikkeuksellisissa oloissa, otetaan huomioon paitsi paikalliset sääolot ja -riskit myös ilmastomuutoksen eteneminen haasteineen. Koska katovuodet ovat kuitenkin väistämättömiä, osa sadosta varastoidaan Huoltovarmuuskeskukseen ylläpitämiin varmuusvarastoihin. Viljelijät ovat aina joutuneet sopeutumaan muuttuviin sääolosuhteisiin ja ovat sen vuoksi hyvin ketteriä muuttamaan toimintatapojaan^{169 170}. Ääri-ilmiöiden mukanaan tuomiin haasteisiin viljelijän ei kuitenkaan ole mahdollista sopeutua muuten kuin satovahinkovakuutuksin.

Metsätaloudessa kiinnitetään paljon huomiota puuston tuleviin kasvuolosuhteisiin metsien pitkän kasvusyklin takia. Metsänuudistamisen yhteydessä puulajivalinnoilla, siementen alkuperällä ja jalostuksella on suuri merkitys muutoksiin sopeutuvan taimikon aikaansaamiselle. **Ilmastomuutoksesta aiheutuvien tuhojen riskejä on mahdollista vähentää säätelemällä kasvavan puuston tiheyttä ja puulajisuhteita sekä hakkuiden ajoituksella ja toteutustavalla.** Metsätalouden riskienhallinnan perusedellytys on terve ja hyväkuntoinen puusto, ja nämä seikat on otettu huomioon nykyisissä metsänhoito-ohjeissa. Suomen metsälainsäädäntö on ajantasaisista ja ottaa huomioon riskit. Esim. metsätuholain¹⁷¹ asetuksessa¹⁷² on säädetty määrärajoista vaurioituneen havupuuston ja -puutavaran poisviemiselle metsästä, jotta hyönteistuhoriskit eivät pääsisi toteutumaan. Luonnonvara-alojen sopeutumisesta ilmastomuutokseen voi tarkastella luonnon oman sopeutumiskyvyn ja yhteiskunnan sopeutumiskyvyn näkökulmasta. Pääsääntöisesti luonnon omat prosessit eivät ehdi korjata aiheutuneita haittoja, vaan sopeutuminen on yhteiskunnan toimien varassa.

¹⁶⁸ Peltonen-Sainio ym. 2017b <http://doi.org/10.1016/i.agsv.2017.02.011>

¹⁶⁹ Peltonen-Sainio ym. 2013 <http://hdl.handle.net/10138/165404>

¹⁷⁰ Peltonen-Sainio & Jauhiainen 2014 <http://doi.org/10.1007/s10113-014-0594-z>

¹⁷¹ Laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20131087>

¹⁷² Valtioneuvoston asetus puutavaran poiskuljettamista koskevasta aluejaosta (1309/2013) <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131309>

Sään vaihteluiden ja ääri-ilmiöiden lisääntyminen sekä keskilämpötilojen nousu ilmastomuutoksen etenemisen myötä aiheuttavat merkittäviä riskejä luonnonvaraloille:

- *Maataloudessa* satotappioita aiheuttavia sään vaihteluihin ja ääri-ilmiöihin liittyviä riskejä ovat erityisesti sadannan muutokset, tulvat sekä lämpötilan vaihtelu. Kasvukauden aikaiset kuivuus- ja helleriskit lisääntyvät, ja talvehtiminen vaikeutuu sään vaihtelun vuoksi.
- *Metsätaloudessa* riskitekijöiksi muodostuu myrskyjen aiheuttamat tuulituhot. Haittaa tuottavat myös kuivuus, metsäpalariskin kasvu sekä puunkorjuun ja kuljetusten vaikeutuminen routa-ajan lyhentyessä.
- Keskilämpötilojen nousu puolestaan tuo Suomeen uusia kasvitauteja ja tuholaisia, joilla tulee olemaan merkittävä vaikutus niin maa- kuin myös metsätaloudessa (tarkemmin seuraava kappale). Kansainvälinen kasvikauppa kasvattaa riskejä edelleen: tuontitavaran mukana Suomeen matkustavat tuholaiset voivat aiheuttaa lyhyessä ajassa suuria ja peruuttamattomia tuhoja ^{173 174}.
- Yleisesti kaikkia luonnonvara-aloja koskettaa ilmastomuutoksen mukanaan tuoma toiminnan ennustettavuuden väheneminen ja epävarmuuksien kasvaminen.

Seuraavassa tarkastelemme muutamaa keskeistä maa- ja metsätalouden riskiä tarkemmin. Kattavampi haavoittuvuus- ja riskikartoitus löytyy Sopeutumisen tila 2017 -raportista¹⁷⁵.

Tauti- ja tuholaisongelmien yleistyminen

Ilmastomuutoksen on jo pitkään tiedetty merkittävästi lisäävän kasvitautien ja tuholaisien riskiä. On myös tunnistettu, että tietyt kasvintuhojariskit ovat jo vahvistuneet maataloudessa oletettavasti niin ilmaston lämpenemisen kuin viljelymenetelmissä (esimerkiksi kevennetty muokkaus, suorakylvö) ja -järjestelmissä (viljelykiertojen yksipuolistuminen) sekä tuhojen torjuntamahdollisuuksissa (neonikotinoidikielto) tapahtuneiden muutosten myötä ^{176 177 178 179 180 181 182 183 184 185}.

Ilmastomuutos todennäköisesti alentaa puiden vastustuskykyä tauteja ja tuholaisia vastaan ¹⁸⁶. Samaan aikaan useimmat sienitaudit hyötyvät lauhtumisesta ja lisääntyvästä kosteudesta puiden lepokauden aikana sekä kohonneista lämpötiloista kasvukaudella ^{187 188}. Männyn- ja kuusenjuurikäpien aiheuttamat havupuiden juuri- ja tyvilaho ovat pitkään ¹⁸⁹.

¹⁷³ Eschen ym. 2014 <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.021>

¹⁷⁴ Santini ym. 2013 <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x>

¹⁷⁵ Peltonen-Sainio ym. 2017a <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>

¹⁷⁶ Hakala ym. 2011 <http://doi.org/10.2137/145960611795163042>

¹⁷⁷ Hannukkala ym. 2007 <http://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01451.x>

¹⁷⁸ Hannukkala 2011 <http://doi.org/10.2137/145960611795163024>

¹⁷⁹ Jalli ym. 2011 <http://doi.org/10.2137/145960611795163015>

¹⁸⁰ Lemmetty ym. 2011 <http://doi.org/10.2137/145960611795163060>

¹⁸¹ Liu ym. 2016 <http://doi.org/10.1016/j.agsv.2015.12.003>

¹⁸² Parikka ym. 2012 <http://doi.org/10.1080/19440049.2012.680613>

¹⁸³ Peltonen-Sainio ym. 2016c <http://doi.org/10.3354/cr01378>

¹⁸⁴ Saikkonen ym. 2012 <http://doi.org/10.1038/nclimate1430>

¹⁸⁵ Vänninen ym. 2011 <http://doi.org/10.2137/145960611795163033>

¹⁸⁶ Müller ym. 2012 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.5.pdf

¹⁸⁷ Müller ym. 2012 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.5.pdf

¹⁸⁸ Müller ym. 2014 <http://doi.org/10.1111/efp.12104>

¹⁸⁹ Müller ym. 2015 <http://doi.org/10.1111/efp.12203>

olleet merkittävimmät metsätaudit Suomessa ja lämpötilojen nousu lisää haittoja entisestään¹⁹⁰. Kuusenjuurikkääppopulaatiot ovat lämpötilavasteeltaan monimuotoisia, joten ne sopeutunevat hyvin muuttuviin lämpötiloihin¹⁹¹. Kesäaikaiset hellejaksot vahvistavat juuristotautien vaikutusta,¹⁹² kun taas roudan aikaisten hakkuiden osuuden väheneminen edesauttaa juurikkääpien leviämistä ja runsastumista myös Pohjois-Suomessa. Jatkovapeitteisen kasvatuksen lisääntyminen juurikkäävän infektoimilla alueilla lisää juurikkääpätuhoja entisestään¹⁹³. Suurin yksittäinen riski metsillemme on lisääntyvän kansainvälisen kasvikaupan aiheuttama vierastautien ja -tuholaisten leviäminen¹⁹⁴ ¹⁹⁵ ilmastonmuutokseen kytkeytyneenä. Ilmaston lämpeneminen edistää joidenkin hyönteistuhojen lisääntymistä metsätaloudessa¹⁹⁶ ¹⁹⁷ sekä uusien lajien leviämistä etelästä pohjoiseen. Esimerkiksi kirjanpainajan, tähtikudospistiäisen ja havununnan aiheuttamat tuhot havupuillamme ovat jo lisääntyneet¹⁹⁸ ¹⁹⁹. Myös 1930-luvun lämpimän jakson aikana esiintynyt mutta sen jälkeen kadonnut pulskamailapistiäinen on jälleen havaittu Suomessa²⁰⁰. Jokainen uusi tuholainen lisää osaltaan hyönteisten aiheuttamaa kokonaistuhota. Suomen kuusimetsissä hyönteistuhot ovat aiemmin olleet varsin harvinaisia, mutta ilmaston lämmetessä kirjanpainajan ja muiden kaarna-kuoriaisten aiheuttamien tuhojen riski on kasvanut²⁰¹ ²⁰² lämpenemisen myötä. Sama voi koskea havununnaa²⁰³.

Säävaihteluiden ja ääri-ilmiöiden lisääntyminen

Jo nykyisin säävaihtelut ja ääri-ilmiöt aiheuttavat merkittävää haittaa suomalaiselle maataloudelle satotappioiden muodossa, mutta riskit kasvavat edelleen ilmaston muuttuessa²⁰⁴ ²⁰⁵ ²⁰⁶ ²⁰⁷ ²⁰⁸ ²⁰⁹ ²¹⁰ ²¹¹ ²¹² ²¹³ ²¹⁴ ²¹⁵ ²¹⁶ ²¹⁷ ²¹⁸ ²¹⁹ ²²⁰. **Metsien tuulituhoriskien oletetaan kasvavan**, koska maan roudattomuuden lisääntyessä puut ovat heikommin ankuroituneena maahan juuri tuulisimpaan vuodenaikaan²²¹ ²²² ²²³. Tuulituhoriskit ovat

¹⁹⁰ Müller ym. 2014 <http://doi.org/10.1111/efp.12104>

¹⁹¹ Müller ym. 2015 <http://doi.org/10.1111/efp.12203>

¹⁹² Linares ym. 2010 <http://doi.org/10.1007/s00442-010-1770-6>

¹⁹³ Piri & Valkonen 2013 <http://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0052>

¹⁹⁴ Eschen ym. 2014 <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.021>

¹⁹⁵ Santini ym. 2013 <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x>

¹⁹⁶ Roy ym. 2004 <http://doi.org/10.1890/03-0182>

¹⁹⁷ Savage ym. 2004 <http://doi.org/10.1086/381872>

¹⁹⁸ Müller ym. 2012 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.5.pdf

¹⁹⁹ Pouttu & Annala 2010 <http://doi.org/10.14214/ma.6951>

²⁰⁰ Nuorteva & Nuorteva 2007 <http://doi.org/10.14214/ma.6412>

²⁰¹ Økland ym. 2015 <http://doi.org/10.1079/9781780643786.0202>

²⁰² Viiri & Neuvonen 2016 ei linkkiä saatavilla

²⁰³ Vanhanen ym. 2007 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-ELE-1400631>

²⁰⁴ Asseng ym. 2015 <http://doi.org/10.1038/nclimate2470>

²⁰⁵ Hakala ym. 2012 <http://doi.org/10.1017/S0021859611000694>

²⁰⁶ Himanen ym. 2013a <http://doi.org/10.1007/s10113-012-0308-3>

²⁰⁷ Himanen ym. 2013b <http://doi.org/10.1007/s13593-012-0120-y>

²⁰⁸ Ingvordsen ym. 2015a <http://doi.org/10.1007/s11032-015-0283-8>

²⁰⁹ Ingvordsen ym. 2015b <http://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.003>

²¹⁰ Mäkinen ym. 2015 <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.006>

²¹¹ Palosuo ym. 2015 <http://doi.org/10.3354/cr01317>

²¹² Peltonen-Sainio ym. 2011 <http://doi.org/10.1017/S0021859610000791>

²¹³ Peltonen-Sainio ym. 2016a <https://journal.fi/afs/article/view/51465>

²¹⁴ Peltonen-Sainio ym. 2016b <https://journal.fi/afs/article/view/51466>

²¹⁵ Peltonen-Sainio ym. 2016c <http://doi.org/10.3354/cr01378>

²¹⁶ Peltonen-Sainio ym. 2010 <http://doi.org/10.1016/j.agee.2010.09.006>

²¹⁷ Pirttioja ym. 2015 <http://doi.org/10.3354/cr01322>

²¹⁸ Tao ym. 2015 <http://doi.org/10.3354/cr01318>

²¹⁹ Trnka ym. 2011 <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x>

²²⁰ Ylhäisi ym. 2010 <http://doi.org/doi:10.5194/nhess-10-1563-2010>

²²¹ Gregow ym. 2011 <http://doi.org/10.14214/sf.30>

²²² Kellomäki ym. 2010 <http://doi.org/10.14214/sf.455>

²²³ Peltola ym. 2010 <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.001>

suurimmat vastahakattujen uudistamisalojen varttuneissa reunametsissä ja voimakkaasti harvennetuissa metsissä. Ilmastonmuutoksen edistessä juurikääpärisiä juuristaan ja tyvestään lahojen puiden tuulituhoalttius kasvaa entisestään²²⁴.

Kuivuus

Kuivuus on eräs toistuvien peltoviljelykasviemme satotappioiden aiheuttaja. Esimerkiksi ohralla se aiheuttaa kolmenkymmen vuoden keskiarvon perusteella jopa liki 20 prosentin satotappiot kuivuudelle altteimmilla rannikkoseuduilla²²⁵. Puutarhatuotannossa kastelu on tärkeä toimenpide satotappioiden vähentämiseksi päinvastoin kuin peltoviljelyssä. **Ilmastonmuutosennusteiden valossa kuivuuden voi ennakoida lisääntyvän, vaikka sademäärissä ei tapahtuisi merkittäviä muutoksia**,²²⁶ koska sateiden kuuroluonteisuuden kasvu vastaa yhä vähemmän kasvien tasaisen vedensaannin tarpeeseen ja toisaalta kohoavat lämpötilat voimistavat haihduntaa. Tutkimukset ovat korostaneet ympärivuotisten pellon vesitalouden hallintajärjestelmien kehittämistarvetta keskeisenä ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja siihen liittyvän riskienhallinnan keinona, myös kasvavien ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi^{227 228 229 230}.

Kuusen kasvun oletetaan taantuvan kuivuuden vuoksi Etelä-Suomessa vuoteen 2100 mennessä vettä hyvin läpäisevillä kasvupaikoilla^{231 232 233 234}. Jos veden saanti heikkenee kasvun aikaan, ensimmäisenä kärsivät Etelä-Suomen kuusikot, mutta kosteuden puute voi rajoittaa myös männyn kasvua paikoitellen Etelä-Suomessa²³⁵. Ilmastonmuutos voi vaikuttaa myös metsien uudistumiseen, jos maan sulamis- ja jäätymissyklit esiintyvät toistuvammin, mikä aiheuttaa juuristovaurioita erityisesti puiden taimille²³⁶.

Metsäpaloaarapäivien lukumäärä todennäköisesti kasvaa vuosisadan loppuun mennessä 5-10 päivällä nykyisestä^{237,238,239}. Etelä-Suomessa metsäpaloariskin kasvu on Pohjois-Suomea suurempaa. Ilmaston lämmetessä päivät, jolloin samanaikainen voimakas tuuli, korkea lämpötila ja alhainen kosteus lisäävät palojen leviämisen vaaraa, lisääntyvät myös^{240,241}. Suurpalojen kustannukset voivat kohota kymmeneen miljooniin euroihin, mutta nykyisellään metsäpalo torjunta on Suomessa tehokasta²⁴².

Riskien hallintakeinot

Maataloudessa viljelijällä on keinoja ainakin vähentää sää- ja ilmatoriskien aiheuttamia haittoja pienentämällä tuotantojärjestelmiensä haavoittuvuutta. Koska maataloudessa, kuten kaikille muillakin luonnonvara-aloilla, riskitekijöitä on lukuisia ja säähaittojen ajoittumisen ennustaminen on vaikeaa, edellyttää onnistunut riskienhallinta eri sääriskien

²²⁴ Müller ym. 2012 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.5.pdf

²²⁵ Peltonen-Sainio ym. 2011 <http://doi.org/10.1017/S0021859610000791>

²²⁶ Ylhäisi ym. 2010 <http://doi.org/10.5194/nhess-10-1563-2010>

²²⁷ Alakukku & Peltonen-Sainio 2014 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014110646090>

²²⁸ Peltonen-Sainio ym. 2016a <https://journal.fi/afs/article/view/51465>

²²⁹ Peltonen-Sainio ym. 2015a <http://hdl.handle.net/10138/165416>

²³⁰ Peltonen-Sainio ym. 2015b <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.019>

²³¹ Jyske ym. 2010 <http://doi.org/10.1093/treephys/tpq099>

²³² Kellomäki ym. 2008 <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>

²³³ Mäkinen ym. 2012 <http://doi.org/10.14214/ma.6489>

²³⁴ Mäkinen ym. 2001 <http://doi.org/10.1007/s004680100089>

²³⁵ Henttonen ym. 2014 <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.09.004>

²³⁶ Sutinen ym. 2014 <http://hdl.handle.net/10138/228600>

²³⁷ Kilpeläinen A ym., 2010 <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9788-7>

²³⁸ Mäkelä HM 2015 <http://hdl.handle.net/10138/153233>

²³⁹ Lehtonen ym., 2014 <http://hdl.handle.net/10138/228540>

²⁴⁰ Lehtonen ym., 2016 <https://erepo.uef.fi/handle/123456789/542>

²⁴¹ Venäläinen ym., 2016 <http://hdl.handle.net/10138/161478>

²⁴² Peltonen-Sainio ym., 2017 <http://jukuri.juke.fi/handle/10024/538722>

merkityksen (haittojen suuruus ja toistuvuus) tunnistamista, jotta toimintavalmius on parhain juuri elinkeinon kannalta kriittisimpien riskien osalta ²⁴³. Tutkimukset ovat paljastaneet, että viljelijät käyttävät kokemusperäisesti sellaista riskien hallinnan keinovalikoimaa, joka on jo olemassa heidän ulottuvillaan, kuten kylvöjen aikaistamista ja aikaisempien lajien ja lajikkeiden viljelyä tilanteessa, jossa edellisenä kasvukautena on viileyden ja sateisuuden vuoksi päästy myöhään puinneille ²⁴⁴ ²⁴⁵. Toinen riskienhallintakeino on esimerkiksi satovahinkokuvauttaminen, mikä tosin edellyttää tarjonnan kehittämistä ja monipuolistamista nykyisestäään.

Maatalouden sää- ja ilmatoriskejä voidaan hallita etenkin seuraavilla keinoilla:

- monimuotoistamalla viljelyä
- tukemalla ja parantamalla viljelyn edellytyksiä
- kehittämällä vesitalouden hallintajärjestelmiä
- parantamalla syyskylvöisten viljelykasvien ja muiden talviaikaisten maanpeitekasvien laajentamisedellytyksiä (esimerkiksi kasvinjalostuksen avulla)
- rajoittamalla kasvintuhoojien määrän kasvua.

Metsätaloudessa keskeisiä keinoja hallita ilmastonmuutoksen riskejä ovat käytössä olevien metsänhoito-ohjeiden noudattaminen sekä kansainvälisen taimikaupan lopettaminen. Metsätalouden riskienhallinta linkittyy vahvasti myös liikennetoimialalle sikäli, että alemman tieverkoston (metsäteiden) huono kunto estää puun korjuun ja kuljetukset routauskausiin vähentyessä ja sateisuuden lisääntyessä (ks. luku [3.2.4 liikenne](#)).

Muiden luonnonvara-alojen sää- ja ilmatoriskien hallinnan keskeisimmät sopeutuskeinot ovat:

- *Kalataloudessa* kalojen luonnollista lisääntymistä ja sopeutumista tukeva kalanhoito ja kalastuspolitiikka sekä kalankasvatuksen lupanormiston uudistaminen vaihtelevat olosuhteet huomioon ottavaksi.
- *Riistatalouden* osalta riistakantojen seurantoihin perustuvalla metsästyksen sääntely. Sen avulla on mahdollista säilyttää lajien elinvoimaisuus, metsästyksen kestävyys ja kantojen järkevä ylläpito ja hyödyntäminen.
- *Porotalouden* kehittämisessä tulee entistä enemmän kiinnittää huomiota paikallisiin olosuhteisiin, lähtökohtiin ja traditioihin myös riskien hallintakeinojen käytäntöön viennin onnistumisen varmistamiseksi. Porotalouden ilmatoriskien hallintaan vaikuttavat monet muilla toimialoilla tehtävät päätökset. Siksi poronhoidon tarpeet tulisi liittää entistä tiiviimmin osaksi metsätalouden ja muun maankäytön suunnitteluprosesseja.

Luonnosta riippuvaisilla aloilla vaikutusketjut ovat lisäksi hyvin monimutkaisia ja paljolti edelleen tuntemattomia. **Siksi kaikille luonnonvara-aloille yhteisiä riskien hallinnan keinoja ovatkin tutkimuksen fokusointi ja siihen panostaminen sekä seurantojen ylläpito.**

Luvun 3.1.3 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

²⁴³ Peltonen-Sainio ym. 2016c <http://doi.org/10.3354/cr01378>

²⁴⁴ Peltonen-Sainio ym. 2013 <http://hdl.handle.net/10138/165404>

²⁴⁵ Peltonen-Sainio & Jauhiainen 2014 <http://doi.org/10.1007/s10113-014-0594-z>

3.2. Riskit talouden eri osa-alueille ja infrastruktuurille (ml. ihmisten terveys)

3.2.1 Energia-alan riskeillä toteutuessaan laajat vaikutukset

Energiajärjestelmässä jakelu on usein heikoin lenkki

Energian tuotanto-, siirto- ja jakelujärjestelmät ovat osa valtioneuvoston päätöksessä huoltovarmuuden tavoitteista²⁴⁶ mainittuja kriittiseen infrastruktuuriin kuuluvia järjestelmiä ja palveluita. Suomen energiajärjestelmä perustuu useisiin eri energialähteisiin. Tärkeimmät kotimaiset energialähteet ovat puupohjaiset polttoaineet, vesi- ja tuulivoima, jäte ja turve. Jos mukaan lasketaan Suomessa ulkomaisesta ydinpolttoaineesta tuotettu ydinvoimaloiden sähköntuotanto, niin kotimaisen energian osuus kattaa noin puolet energian kulutuksesta. **Suomen energiantuotanto on siis riippuvainen tuonnista ja riippuvuus on erityisen suurta liikenteen osalta.**

Energian huoltovarmuutta turvataan Suomessa laeilla, asetuksilla ja huoltovarmuuden määräyksillä (ml. varmuusvarastot). Rakenteiden ja toimintojen mitoitus sekä huolto ja kunnossapito takaavat sen, että lukuisat tuotanto- ja jakelulaitokset kestävät säähän liittyvät rasitukset ja palautuvat häiriötekijöistä. Ajoittain joudutaan rajoittamaan energiantuotantoa sää- ja ilmasto-olosuhteisiin liittyvien riskien vuoksi, esim. vesivoimaloiden ohjauksutuksilla tai pysäyttämällä tuulivoimaloita. Tuotantolaitokset vaurioituvat säähän liittyvistä ilmiöistä hyvin harvoin.

Suurten etäisyyksien vuoksi Suomessa on laajoja energian siirto- ja jakelujärjestelmiä. Suomen sähköjakelun kantaverkko on yhdistetty Norjan, Ruotsin, Venäjän ja Viron verkkoihin. Fingridin operoimaa kantaverkkoa on yli 14 000 km, ja siihen kuuluu noin sata sähköasemaa. Suurjänniteverkkojen pituus on yhteensä noin 22 500 km, keskijänniteverkkojen 140 000 km ja pienjänniteverkkojen 240 000 km. Kaukolämpöverkkoa on noin 15 000 km ja maakaasun jakeluverkostoakin pari tuhatta kilometriä.

Energian siirrossa ja jakelussa on energiantuotantoa enemmän säähän liittyville ilmiöille haavoittuvia rakenteita ja vaiheita. Erityisesti sähköjakeluverkoissa sään aiheuttamien häiriöiden suhteellinen osuus on merkittävä. Vuosina 2010–2017 säähän liittyvät katkot aiheuttivat vuosittain noin 60–80 % keskeytysajoista²⁴⁷. Kuluva vuosikymmenen aikana on esiintynyt useita säätilanteita joissa myrsky, rajuilma tai lumen ja jään kertyminen on aiheuttanut laaja-alaisia ja pitkäkestoisia häiriöitä sähköjakelulle. Hankalimissa tilanteissa sähköjakelu on keskeytynyt parille sadalletuhannelle, jopa yli puolelle miljoonalle, asiakkaalle. Suurten häiriötilanteiden jälkihoito on maksanut sähköverkkoyhtiöille tyypillisesti kymmenestä muutamaan kymmeneen miljoonaan euroon, ja kustannukset ovat koostuneet sekä korjauskustannuksista että asiakkaille maksettavista korvauksista.²⁴⁸ ²⁴⁹
²⁵⁰ Säähän liittyvistä ilmiöistä sähköjakelun katkoksia aiheuttavat myös salamointi, mutta nämä häiriöt jäävät useimmiten lyhytkestoisiksi. Sähkön muuntajien tai katujakokaappien kastuminen vesistö- tai hulevesitulvissa saattaa aiheuttaa paikallisia sähköjakelun häiriöitä.

²⁴⁶ Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (857/2013) <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130857>

²⁴⁷ Energiatieteellisyys: Keskeytystilastot 2010–2017

https://energia.fi/ajankoh- taista_ja_materiaalipankki/tilastot/sahkotilastot/keskeytystilasto

²⁴⁸ Onnettomuustutkintakeskus 27.9.2011

<http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muonnettomuudet2010/s22010yheina- elokuun2010rajuilmat.html>

²⁴⁹ Turvallisuuskomitea 2015 <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-jarjestelmat-ovat-elintarkeita-yhteiskunnassamme/>

²⁵⁰ Gregow ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

Suomessa nykyilmastossa todennäköisyys runsaalle jäätävälle sateelle on hyvin pieni. Euroopassa jäätävä sade on ajoittain runsasta jolloin sähköjakelu-, liikenne- ja tietoliikenneverkot vahingoittuvat tai eivät ole käytettävissä, ks. tietolaatikon 2 esimerkki Sloveniasta.

Tietolaatikko 2: Jäätävä sade: Slovenia, Notranjskan alue, 31.1.-3.2.2014

Taloudelliset menetykset: 430 milj. euroa, Henkilövahingot: 2 kuollutta, useita loukkaantuneita

Vahingot infrastruktuurille: jää ja kaatuvat puut katkoivat sähkölinjoja jättäen 250 000 ihmistä ilman sähköä useiksi päiviksi; junaliikenne keskeytyi; useita teitä suljettiin; kaupunkeja ja kyliä jäi eristyksiin; tietoliikenneyhteydet ja vedenjakelu häiriintyivät; metsävahingot ulottuivat noin puolen miljoonan hehtaarin alalle.²⁵¹

Myös säähän liittyvät liikenteen häiriötilanteet satamissa, teillä ja rautateillä saattavat vaikuttaa sekä energian raaka-aineiden (mm. puupohjaiset polttoaineet, raakaöljy, hiili, turve) että energiatuotteiden (lähinnä polttonesteet) jakeluun. Kuorma-autoliikenteestä energiakuljetuksia on vajaat kymmenen prosenttia²⁵². Huoltoasemien toiminta on riippuvaista sähkösaannista, ja laajassa sähköjakelun häiriötilanteessa muodostuu ongelmaksi polttoaineen jakelu. Maakunnan ollessa sähköttömänä saattaa esiintyä vaikeuksia jakaa polttoainetta korjauskalustolle ja muille häiriöstä palautumisen kannalta tärkeille yhteiskunnan toimijoille²⁵³.

Myös energiantuotanto on riippuvainen säästä. Pitkät vähäsateiset jaksot (kuukausista vuosiin) voivat rajoittaa vesivoiman tuotantoa yksittäisen voimalaitoksen tasolta koko pohjoismaiseen sähkömarkkinaan. Turpeen tuotantoalueilla taas sateiset kesät saattavat vähentää tuotantoa kymmeniä prosentteja. Erittäin kuivien jaksojen aikana turvetuotannossa on vaarana maastopalojen leviäminen. Heikkotuulisissa olosuhteissa tuulivoiman tuotanto on vähäistä tai pysähdyksissä. Energiantuotannossa käytettävän biomassan (yleensä puupohjainen raaka-aine) laajamittainen varastointi on hankalaa, joten korjuussa ja kuljetuksissa pyritään tasaiseen raaka-ainevirtaan. Metsämaan ja -teiden heikko kantavuus leutoina talvina ja kelirikon aikana hankaloittaa puunjalostusteollisuuden raaka-aineen hankintaa ja siten myös puupohjaisen energian tuotantoa.²⁵⁴ (Ks. myös luku [3.2.4 Liikenne](#))

Ilmastonmuutoksen hillintä ja sopeutuminen muuttavat energijärjestelmän haavoittuvuutta Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta²⁵⁵. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataan toimia, joilla Suomi saavuttaa sovitut kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet vuoteen 2030 mennessä ja etenee kohti 80–95 prosentin vähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttää merkittäviä muutoksia Suomen energijärjestelmässä, sillä vuonna 2015 energiasektorin (ml. liikenne) osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli 73 %.

Osana kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustatyötä on laadittu ns. perusskenaario. **Suomen osalta keskeisiä muutoksia on sähköntuotannon kasvu ja samalla tapahtuva tuotantorakenteen muutos** (kuva 3.2). Perusskenaariossa uusiutuvien energiamuotojen

²⁵¹ Groenemeijer ym. 2016 http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

²⁵² Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankuljetukset http://www.stat.fi/tii/kttav/2016/kttav_2016_2017-04-28_tau_009_fi.html

²⁵³ Huoltovarmuusorganisaatio 2014 <http://docplayer.fi/4429388-Polttoaineenjakelun-varmistaminen-laajoissa-ja-pitkakestoisissa-sahkokatkoissa.html>

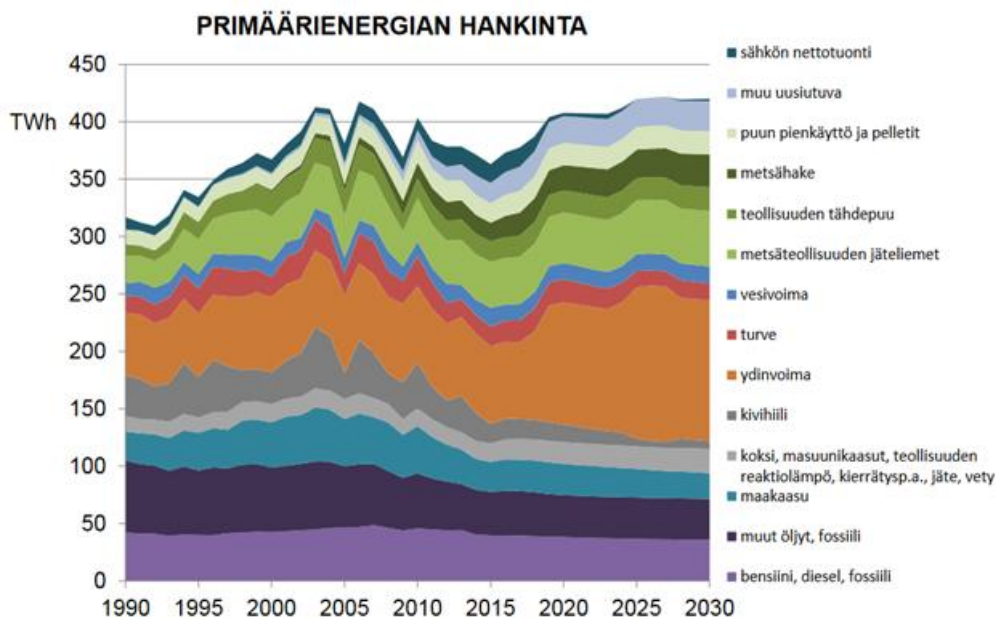
²⁵⁴ Lehtonen ym. 2018 <https://doi.org/10.5194/hess-2017-727>

²⁵⁵ Työ- ja elinkeinoministeriö 2014 <https://tem.fi/documents/1410877/2859687/Energia-+ja+ilmastotiekarta+2050+21102014.pdf>

(ml. aurinkovoima) osuus kasvaa kivihiilen ja kaasun vähentyessä. Fossiilisten polttoaineiden osuus vähenee, samoin todennäköisesti lämmön ja sähkön yhteistuotannon osuus ²⁵⁶. Lämmön kysynnän ennakoitaan säilyvän suunnilleen nykyisellä tasolla.

Sipilä ym. (2017)²⁵⁷ tarkastelivat energiasektorin muutostrendien vaikutusta geopolitiikkaan ja huoltovarmuuteen. Suomeen vaikuttavat maailmalta energiateknologian nopea kehittyminen, ilmastonmuutoksen kiihtyminen sekä mahdolliset sotilaalliset konfliktit globaalin energihuollon kannalta keskeisillä alueilla. Kaikki kolme tekijää voivat johtaa strategiaan siirtymisiin alueellisella tai globaalilla tasolla. **Suomen energiatoimialan kehitys, kuten myös herkkyys säätekijöille ja ilmastonmuutokselle, kytkeytyy siis globaaliin, lähialueiden ja kansalliseen muutokseen.** Esimerkiksi muutokset arktisilla alueilla voivat lisätä mahdollisuuksia hyödyntää fossiilisia energialähteitä ^{258 259}. Toisaalta vahinkoa aiheuttavat sääilmiöt ja ilmastonmuutos saattavat haitata esimerkiksi Venäjän öljyn ja maakaasun tuotantoa ²⁶⁰.

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariossa Suomen huoltovarmuus paranee ja maailmalta tulevien heijastevaikutusten laajuus pienenee nykyisestäään, kun energiaomavaraisuuden aste kasvaa. Seppälä ym. (2017)²⁶¹ arvioi, että **Suomen huoltovarmuuden kannalta keskeiseksi nousee sähköverkon toimivuuden lisäksi polttoaineiden logistiikan turvaaminen** (lämmöntuotannossa biopolttoaineet ja liikenteessä öljytuotteet ja nestemäiset biopolttoaineet).



Kuva 3.2. Primäärienergian toteutunut käyttö 1990–2014 sekä kehitys perusskenaariossa 2015–2030 ²⁶².

²⁵⁶ Jääskeläinen ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.jenman.2018.03.017>

²⁵⁷ Sipilä ym. 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-489-4>

²⁵⁸ Aaltola ym. 2014 https://storage.googleapis.com/upi-live/2017/01/fiia_report_40_web.pdf

²⁵⁹ Tennberg ym. 2017 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=18202>

²⁶⁰ Hildén ym. 2016 <http://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

²⁶¹ Sipilä ym. 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-489-4>

²⁶² Työ- ja elinkeinoministeriö 2017 <https://bit.ly/2L3wTw7>

Yhteiskunnan sähköriippuvuus kasvussa

Turvallisuuskomitea (2015)²⁶³ tarkasteli monipuolisesti nyky-yhteiskunnassa sähkösaannin häiriöistä aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia ja totesi niillä olevan merkittäviä vaikutuksia turvallisuuteen. **Nykyisin sähkönjakelun häiriöistä voi aiheutua laajalle ulottuvia vaikutuksia yhteiskuntaan.** Häiriöt sähkön saatavuudessa vaikuttavat mm. tietoliikenteeseen, veden ja päivittäistavaroiden saatavuuteen, pankkeihin ja maksuliikenteeseen, liikenteen ohjaukseen, polttonesteiden jakeluun, jätevesien käsittelyyn ja väestön erityisryhmien turvallisuuteen (ks. [luku 3.2.6](#)). Erilaisilla varajärjestelmillä turvataan kriittisiä toimintoja tai ainakin vähennetään herkkyyttä lyhyille sähkönjakelun häiriöille.

Maailmanlaajuisesti sähkönkulutus on kasvussa ja kasvun arvioidaan jatkuvan useita vuosikymmeniä ²⁶⁴. Sähkönkulutuksen kasvu on oletuksena myös kotimaisissa skenaarioissa ²⁶⁵ ²⁶⁶. **Edellä mainitun hiilivapaaseen energiantuotantoon siirtymisen lisäksi sähköriippuvuutta tulee lisäämään teknologisen kehityksen mahdollistama megatrendi ”digitaalisoituminen”** ²⁶⁷. Digitaalisessa toimintakulttuurissa asiat hoidetaan yhä useammin sähköisesti. Siten esimerkiksi liikenne-, turvallisuus- ja terveystalvet sekä monet jokapäiväiset asiointipalvelut ja niiden saatavuus perustuvat tulevaisuudessa yhä enenevässä määrin sähkön saatavuuteen.

Vuonna 2013 hyväksytyin sähkönjakelun toimintavarmuuden merkittävään parantamiseen tähtäävän sähkömarkkinalain²⁶⁸ toimeenpano on meneillään. Laissa edellytetään, että haja-asutusalueilla (pois lukien vapaa-ajan asunnot) ei saa siirtymäajan jälkeen esiintyä yli 36 tunnin eikä taajamissa yli 6 tunnin sähkökatkoksia. Siirtymäaika ulottuu vuoteen 2029 asti, johon mennessä välitavoitteiden on täytynyt toteutua vuosina 2019 ja 2023. Verkkoyhtiöt ovat velvoitettuja parantamaan sähkönjakelun toimitusvarmuutta merkittävästi.

Useat verkkoyhtiöt ovat siirtymässä maakaapelointiin, jolla tähdätään jakeluverkkojen säävarmuuteen ja joka pienentää huomattavasti sähkökatkojen todennäköisyyttä.

Maakaapelointiaste on sekä keskijännite-, että pienjänniteverkossa noussut noin prosenttiyksikön verran vuodessa vuosina 2009–2014 ²⁶⁹. Kehittämissuunnitelmien mukaan maakaapeloinnin tahti tulee noin kaksinkertaistumaan seuraavan 15 vuoden aikana. Maakaapelointi on erittäin suuri investointi eikä välttämättä kustannustehokas tapa parantaa toimintavarmuutta. Osa verkkoyhtiöistä kehittääkin toimintavarmuutta esimerkiksi nopeuttamalla korjaus- ja huoltotoimintaa, siirtämällä sähkölinjoja teiden vierustoille, hoitamalla sähkölinjojen vierimetsiä ja/tai asentamalla päällystettyjä avojohtimia.

Sähkön toimitusvarmuutta voidaan lisätä myös sähkönjakeluverkon teknisellä, hallinnollisella ja markkinoiden kehityksellä. Älykkäillä sähköjärjestelmillä (ml. sähkövarastot) vastataan mm. vaihtelevan tuotannon säätötarpeeseen ja energiamarkkinoiden muutokseen. Ne kattavat fyysisen siirron ja jakelun lisäksi tuotannon, hajautetut energioresurssit, sähköjärjestelmän joustot ja erilaiset älyverkkosovellukset, jotka yhdistävät fyysisen sähkön sähkömarkkinoihin. Järjestelmät mahdollistavat siis nykyistä hajautetumman sähköntuotan-

²⁶³ Turvallisuuskomitea 2015 <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-jarjestelmat-ovat-elintarkeita-yhteiskunnassamme/>

²⁶⁴ IEA 2017 <http://www.iea.org/weo2017/#section-1-4>

²⁶⁵ Työ- ja elinkeinoministeriö 2017 <https://bit.ly/2L3wTw7>

²⁶⁶ Sipilä ym. 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-489-4>

²⁶⁷ WEC 2015 <https://www.weforum.org/reports/deep-shift-technology-tipping-points-and-societal-impact>

²⁶⁸ Sähkömarkkinalaki 588/2013 <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

²⁶⁹ Energiavirasto 2018 <https://bit.ly/2ulxDvy>

non ja voivat siten turvata kohteiden sähkön saannin jatkuvuuden. Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän tulevaisuuden visiossa älykäs sähköjärjestelmä lisää asiakkaan mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoille ja parantaa sähkön toimintavarmuutta ²⁷⁰.

Kylmistä talvista johtuen Suomessa energian kulutus on talvisin suurempaa kuin kesällä. Nykyilmastossa myös tuotanto- ja jakeluhäiriöiden vaikutukset ovat talvisin yleisesti ottaen suuremmat kuin kesäpuolella vuotta. Tämä piirre säilynee myös tulevaisuudessa, vaikka talvet lämpenevät kesiä enemmän.

Yleisesti mahdollisuudet sopeutumiseen ovat energiasektorilla hyvät, koska alalla on investointikykyä, osaamisen taso on korkea ja valtionhallinto seuraa ja reagoi alan toimintaan. Viime vuosina uutta tutkimustietoa on saatu erityisesti vahinkoa aiheuttavista sääilmiöistä ja ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista niihin (mm. tutkimushankkeet RAIN²⁷¹, RECAST²⁷², TOPDAD²⁷³, ELASTINEN²⁷⁴).

Ydinvoimalaitosten turvallisuuteen vaikuttavia säähän liittyviä ilmiöitä on tutkittu mm. osana SAFIR2018- tutkimusohjelmaa²⁷⁵. Uusiutuvaan energiaan ja ilmastonmuutokseen liittyvässä tutkimuksessa on osassa käsitelty säähän ja ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä (mm. FORBIO-²⁷⁶ ja BCDC Energia²⁷⁷ -tutkimushankkeet).

Englantia tuotannon ja jakelun sää- ja ilmatorismit

Energiatoimialan merkittävimmät sään ja ilmastonmuutoksen suorien vaikutusten riskit voidaan ryhmitellä kolmeen luokkaan: 1) häiriöt energian siirrossa ja jakelussa, 2) säähän liittyvät häiriöt energiantuotannossa ja 3) sähköverkon investointi- ja huoltokustannusten kohoaminen pitkällä aikavälillä.

1. Sään aiheuttamat häiriöt energian siirrossa ja jakelussa

1a. Sähkönsiirron häiriöitä aiheuttavat useat säähän liittyvät ilmiöt.

Kova tuuli kaataa puita sähkölinjoille vaurioittaen ilmajohtoja. Myös puihin kertyvä lumi saattaa kaataa tai taivuttaa puita sähkölinjoille. Näin tapahtuu tyypillisesti silloin, kun lumi kertyy puihin nopeasti ns. tykkylumena, joka tarrautuu oksistoon. Pahimmillaan myrskyt ja rajuilmat ovat katkaissut sähkösaannin sadoiltatuhansilta asiakailta. Samoissa häiriötilanteissa verkkojen korjauskustannukset ovat olleet muutamia kymmeniä miljoonia euroja ja verkko-yhtiöiden korvaukset asiakkaille samaa suuruusluokkaa ²⁷⁸. Lisäksi paikallisia sähkönjakelun häiriöitä saattaa aiheutua sähkön muuntajien tai katujakokaappien kastuessa vesistö- tai hulevesitulvien takia. **Ilmastonmuutoksen edetessä lämpötilan kohoaminen vähentää routaa ja lisää puiden altistumista tuulikaadoille. Lisäksi puuston ja rakenteiden lumikertymien arvioidaan kasvavan osassa Suomea. Myös jäätävät sateet yleistynevät. Taajamien hulevesitulvia aiheuttavat rankkasateet yleistynevät.**

Muutamia vuosikymmeniä eteenpäin tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että **sähkönsiirron infrastruktuuri uusiutuu hitaasti rakenteiden pitkäikäisyydestä ja investointien suuruudesta johtuen. Siksi myrskyjen aiheuttamia keskeytyksiä sähkönjakelussa tullaan**

²⁷⁰ Pahkala ym. 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-243-9>

²⁷¹ RAIN-tutkimushanke <http://rain-project.eu/>

²⁷² REviewing Climate change simulations for enhanced Adaptation in Sectors and Technical infrastructure: implications of growing weather variability and uncertainty for weather sensitive capital intensive systems -tutkimushanke (RECAST) <http://en.ilmatieteenlaitos.fi/recast>

²⁷³ Tool-supported policy development for regional adaptation -tutkimushanke (ToPDad) <http://www.topdad.eu/>

²⁷⁴ Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatorisken hallitseminen -tutkimushanke (ELASTINEN) <http://ilmatieteenlaitos.fi/elastinen>

²⁷⁵ The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2015–2018 -tutkimusohjelma (SAFIR2018) <http://safir2018.vt.fi/>

²⁷⁶ Kestävä, ilmastoneutraali ja resurssitehokas metsäbiotalous -tutkimushanke (FORBIO) <http://www.uef.fi/fi/web/forbio>

²⁷⁷ BCDC Energia -tutkimushanke <http://www.bcdcenergia.fi/>

²⁷⁸ Gregow ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

kokemaan vielä pitkään. Lisäksi on syytä ottaa huomioon, että yhteiskunnan sähköriippuvuus on kasvussa.

1b. Sään aiheuttamat liikennehäiriöt vaikuttavat energiakuljetuksiin.

Energiakuljetuksia voivat hankaloittaa eri liikennemuodoissa eri sääilmiöt, esimerkiksi liukkaus, lumi sekä tulviminen ja heikko kantavuus tieliikenteessä, myrskyt, lumi ja ankara pakkaneen rataliikenteessä sekä ahtojää ja satamien tulviminen meriliikenteessä. **Muutaman vuosikymmenen aikajänteellä monet tekijät lisäävät liikennehäiriöiden riskiä** (ks. tarkemmin [luku 3.2.4](#))

2. Säähän liittyvät häiriöt energiantuotannossa

2a. Vesivoiman tuotantoa rajoittavat kuivuusjaksot.

Vajaan vuoden vähäsateinen jakso vuosina 2002–2003 aiheutti noin 50 miljoonan euron menetykset vesivoimatuotannossa ²⁷⁹. **Sademäärien arvioidaan ilmaston muuttuessa kasvavan Pohjois-Euroopassa, mikä pienentää kuivien jaksoiden todennäköisyyttä. Toisaalta vesivoiman merkityksen kasvu säätoimivana ainakin periaatteessa lisää herkkyyttä alhaisen tuotannon jaksoille.** Pelkästään Suomea koskevan kuivuuden vaikutukset energiaturvallisuuteen ovat kohtalaisen pieniä. Sen sijaan laajemman, Pohjoismaita koskevan kuivuuden aiheuttamat vaikutukset ovat suuremmat johtuen pohjoismaisesta sähkökaupasta ja Norjan ja Ruotsin vesivoiman merkittävästä osuudesta kotimaisessa sähkönkulutuksessa. ²⁸⁰

2b. Tuulienergian tuotanto vaihtelee tuulennopeuksien mukaan.

Erittäin voimakkaat tuulet saattavat vaurioittaa voimaloita ²⁸¹. **Heikkotuulisina jaksoina tuulienergian tuotanto on vähäistä.** Tuulten nopeuksien muutosarvioissa on merkittävää epävarmuutta.

2c. Aurinkoenergian tuotanto vaihtelee auringonsäteilyn mukaan.

Tärkein aurinkoenergian tuotantovaihtelua aiheuttava säätekijä on pilvisuus. Ilmastomallien arvioissa pilvisyyden muutoksista Suomessa on suurta vaihtelua. Osa tutkimuksista arvioi muutosten olevan vähäisiä tai auringon paisteen lisääntyvän kesäisin ²⁸². Toisissa mallikokeissa taas on saatu tuloksia, joiden mukaan aurinkoenergian tuotantopotentiaalini Suomessa arvioidaan vähenevän ²⁸³.

2d. Turpeen tuotanto vaatii pitkiä poutajaksoja.

Runsassateiset kesät ovat riski turpeen tuotannolle. Kesän sademäärien arvioidaan kasvavan, mutta tätä kompensoi osittain haihdunnan lisääntyminen.

3. Sähköverkkojen huolto- ja/tai investointikustannusten kohoaminen

Säävarmuuden parantaminen vaatii verkko-yhtiöiltä investointeja verkkojen huoltoon ja uusimiseen. Mahdollisia uusia kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Suomessa ei ole koettu jäätävän sateen aiheuttamia vaurioita keski- tai suurjänniteverkoille, mutta uudet tutkimukset arvioivat jäätävien sateiden yleistyvän Pohjois-Euroopassa ilmastonmuutoksen edetessä, vaikkakin todennäköisyys säilyy edelleen hyvin pienenä ^{284 285}.

²⁷⁹ Silander & Järvinen 2004 <http://hdl.handle.net/10138/40479>

²⁸⁰ Jääskeläinen ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.017>

²⁸¹ Langenoja 26.7.2017 <https://www.satakunnankansa.fi/kotimaa/voimaloiden-siivet-ovat-halkeilleet-porin-peittoossa-200228518/>

²⁸² Ruosteenoja & Räisänen 2013 <http://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00007.1>

²⁸³ Jerez ym. 2015 <https://doi.org/10.1038/ncomms10014>

²⁸⁴ Kämäräinen ym. 2016a http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

²⁸⁵ Kämäräinen ym. 2016b <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2016/EMS2016-399-1.pdf>

- Suomenlahden rannikon merivesitulvien todennäköisyyden arvioidaan kasvavan²⁸⁶. Samoin hulevesitulvien todennäköisyys kasvaa (kts. [luku 3.1.2](#)). Kiinteistöjen ja kortteleiden muuntamojen ja jakelun tulvakestävyuden tarkistaminen ja tarvittaessa parantaminen on aiheellista.

Sorvalin (2013) selvityksessä²⁸⁷ listattiin 12 energia-alan ilmastonmuutoksen haitallista vaikutusta energia-alalle. Edellä mainittujen riskien lisäksi mainittiin seuraavat lämpenemiseen liittyvät vaikutukset: lauhdevoimaloiden tuotannon lasku, lämmön ja sähkön yhteistuotannon vähentyminen ja energiankulutuksen kasvu jäädytykseen. Nämä eivät nousseet uusimassa tutkimuskirjallisuudessa voimakkaasti esille. **Aiemmasta poiketen nykyinen tutkimukseen perustuva käsitys on, että Pohjoismaissa vesivoiman ennakoitavuus paranee vesivoimakapasiteetin kasvaessa.**^{288 289}

Luvun 3.2.1 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

3.2.2 Riskit rakennetulle ympäristölle: tulvat, kosteus, lämpövaihtelut

Ilmastonmuutos lisää jo nyt säälle alttiin rakennetun ympäristön riskejä

Rakennetulla ympäristöllä tarkoitetaan olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta, infrastruktuuria sekä rakennuksia. **Sää- ja ilmatoriskien haitalliset vaikutukset kohdistuvat sekä olemassa olevaan että tulevaan rakenteeseen.** Siten tässä osiossa katetaan myös alueidenkäytön suunnittelun ja rakentamisen toimialoja niiltä osin, kun nykytiedon perusteella voidaan osoittaa riskejä, jotka näissä toiminnoissa tulisi ottaa huomioon sää- ja ilmatoriskien hallitsemiseksi.²⁹⁰

Rakennettu ympäristö on suoraan altis sääolosuhteille, ja sille on ominaista pitkän aikavälin suunnittelu. Rakennetun ympäristön alalla onkin luontaisesti jo pitkään otettu huomioon paitsi nykyiset niin myös tulevien sää- ja ilmasto-olosuhteiden vaikutukset. **Ilmastonmuutoksen aiheuttamien olosuhteiden muutosten lisäksi toimialan riskeihin vaikuttavat myös ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimukset,** jotka ohjaavat vahvasti esimerkiksi alueidenkäytön suunnittelua ja rakentamisen energiatehokkuutta.

Näiden toimialojen kansallisen tason ohjauksessa keskeinen rooli on ympäristöministeriöllä, joka vastaa poliittisista ohjauskeinoista. Riskienhallinnan kannalta tärkeitä ohjauskeinoja ovat muun muassa maankäyttö- ja rakennuslaki²⁹¹ asetuksineen²⁹² ja rakentamismääräyksi-neen²⁹³, tulvariskilaki²⁹⁴ ja -asetus²⁹⁵ kaupunkien tulvariskien hallinnan osalta sekä useat käytännön toimintaa tukemaan laaditut oppaat muun muassa hulevesien hallintaa²⁹⁶ ja alimpia rakentamiskorkeuksia²⁹⁷ koskien. Alueviranomaiset ja erityisesti kunnat vastaavat riskienarvioinnista sekä politiikka- ja muiden toimien toteuttamisesta. **Sää- ja ilmatoriskien**

²⁸⁶ Pellikka ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>

²⁸⁷ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

²⁸⁸ Thorsteinsson & Björnsson 2011 <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:701000/FULLTEXT01.pdf>

²⁸⁹ REViewing Climate change simulations for enhanced Adaptation in Sectors and Technical infrastructure: implications of growing weather variability and uncertainty for weather sensitive capital intensive systems -tutkimushanke (RECAST) <http://en.ilmatieteentaitos.fi/recast>

²⁹⁰ Sorvali (2013) haavoittuvuusarvioinnissa tulevaa rakennetta (uudet alueet ja rakennukset) käsiteltiin toimialan haavoittuvuuden sijaan keinona sopeutua, sillä uusien alueiden ja rakennusten suunnittelussa voidaan ottaa huomioon ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset.

²⁹¹ Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

²⁹² Maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/1999089>

²⁹³ Ympäristöministeriö 19.2.2018 <http://www.ym.fi/rakentamismaaravkset>

²⁹⁴ Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

²⁹⁵ Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659>

²⁹⁶ Suomen Kuntaliitto 2012 http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714

²⁹⁷ Parjanne & Huokuna <http://hdl.handle.net/10138/135189>

hallinta onkin pääsääntöisesti integroitu osaksi kuntien ja kaupunkien riskienhallintaa ja varautumista (kts. tietolaatikko 3).

Ohjauskeinojen lisäksi rakennetun ympäristön sää- ja ilmastoriskien hallinnassa korostuu käytännön toimijoiden rooli. Esimerkiksi olemassa olevan rakennuskannan käytön aikainen huolto ja kunnossapitotoimet ovat avainasemassa varmistamassa kiinteistöjen kestävyyttä niin nykyisissä kuin muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Tietolaatikko 3. Tulvariskien hallinta Porissa ja Helsingissä

Porissa kaupunkikonsernin merkittävimmät riskit liittyvät erilaisiin häiriötilanteisiin. Mm. ilmastomuutoksen myötä lisääntyvät rankkasateet tulee ottaa huomioon kaikessa yhdyskuntarakentamisessa. Porissa tulvariskeihin ja muihin sään ääri-ilmiöiden aiheuttamiin häiriötilanteisiin on varauduttu osana kaupungin yleistä valmiussuunnitelmaa, jota päivitetään säännöllisesti. Tulvasuojelusta vastaa kaupungin tekninen toimiala. Konkreettisenä esimerkkinä Porissa Kokemäenjoen pinta nousi tulvakorkeuteen ennen joulua 2017 ja samalla kaupungin valmiutta nostettiin. Epävarmuutta ilmastomuutoksen aiheuttamien riskien suhteen Porissa on erityisesti Kokemäenjoen tulvasuojelussa. Lisääntyvä sateisuus kasvattaa vesistöjen valumia, ja lisäksi sään ääri-ilmiöiden odotetaan lisääntyvän. Samoin päivät, jolloin jokeen muodostuu hyydettä, lisääntyvät. Riskienhallinnan ja ennakoivan tulvasuojelun suhteen on tärkeää, että Kokemäenjoen juoksutusta osataan säännöstellä ja että joen uomien kuntoa pidetään yllä, jotta vesi pääsee purkautumaan kunnolla mereen.

Helsingissä meri- ja vesistötulvariskin hallitsemisen pääpaino on ollut tulvariskiä ehkäisevässä, vaikutusten vähentämiseen pyrkivässä toiminnassa. Riskiä on pyritty vähentämään vuoden 2005 uhkaavan meritulvatilanteen jälkeen laadituilla tulvariskiselvityksillä, uusien alueiden maankäytön suunnittelulla sekä rakenteellisilla tulvasuojelutoimenpiteillä. Uusilla asuinalueilla tulvariskiä pyritään minimoimaan esimerkiksi määräämällä asuinrakennusten alimmat rakentamiskorkeudet vähintään kaavoitushetkellä voimassa olevien suositusten mukaisiksi ja kaavoittamalla yhteiskunnan toimivuuden kannalta oleelliset toiminnot tulva-alueiden ulkopuolelle. Helsingin rannikolle on vuonna 2016 määritetty paikkakohtaiset turvalliset rakentamiskorkeudet vuosille 2020, 2050 ja 2100 ottamalla huomioon vedenkorkeuden ja aallokon yhteisvaikutus²⁹⁸. Helsinki on lisäksi laatinut tulva-alueiden asukkaille suunnatun kiinteistöjen ja omaisuuden suojausta käsittelevän ohjeistuksen ”Helsingin kaupungin tulvaohje”. Helsinki teetti vuonna 2017 kokonaisvaltaisen sää- ja ilmastomuutosriskiarvion²⁹⁹, jota tullaan hyödyntämään muun muassa Helsingin valmiussuunnittelussa ja hulevesitulvariskikohteiden määrittelyssä.

Ilmastomuutoksen arvioidaan vaikuttavan rakennettuun ympäristöön erityisesti sadannan, lämpötilan ja pilvisyyden muutosten kautta. **Keskeisimmät suorat vaikutukset ovat seuraavat:**

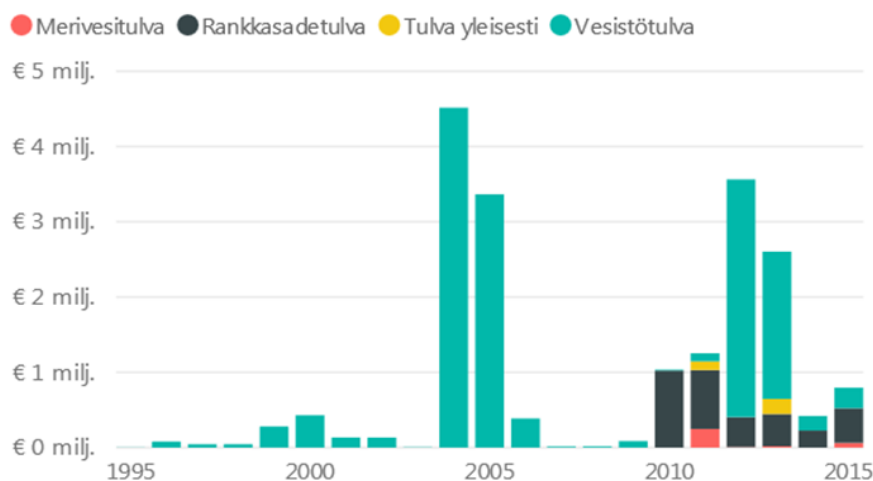
- maaperän ominaisuudet ja tulvariskialueet muuttuvat
- kasvavat sademäärät lisäävät rakenteiden kosteusrasitusta
- lisääntyvä pilvisyys heikentää rakenteiden kuivumiskykyä
- syys- ja talvikuukausina tapahtuva lämpötilan nousu lisää vesisateita ja mikrobien kasvua
- kuivuuden aiheuttamat maaperän kantavuuteen liittyvät muutokset altistavat rakennuksia ja infrastruktuuria vaurioille.

²⁹⁸ Kahma ym. <https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

²⁹⁹ Pili-Sihvola ym. 2018 <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisu/julkaisu-06-18.pdf>

Suoraan rakennettuun ympäristöön kohdistuvien riskien lisäksi osalla toimialan riskeistä on myös välillisiä vaikutuksia muihin toimialoihin, kuten terveyteen ja hyvinvointiin (esimerkiksi rakennusten kosteusvaurioiden sekä kaupunkialueiden helleaaltojen ja lämpösaarekeilmiön kautta), liikenteeseen (infrastruktuuriin kohdistuvat riskit) ja vesihuoltoon (jakeluverkostoon kohdistuvat riskit).

Rakennettua ympäristöä uhkaavat tulvariskeistä erityisesti vesistö- ja hulevesitulvat
Rakennetun ympäristön tulvariskeistä keskeisimpiä ovat vesistötulvat ja rankkasateista johtuvat hulevesitulvat, jotka kuormittavat taajama-alueiden viemäriverkostoja ja saattavat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia vahinkoja. Esimerkiksi Porissa vuonna 2007 tapahtunut hulevesitulva aiheutti yli 20 miljoonan euron suorat rakennusvahingot³⁰⁰. Tulvista maksetut vuositasolla yli miljoonan euron vakuutuskorvaukset³⁰¹ ovat vain osa tulvien aiheuttamista vuotuisista vahingoista. Tulvavahingoista maksetut korvaukset antavat viitteitä tulvariskien merkityksestä (kuva 3.3). Vahinkotilastot viittaavat siihen, että suurimmat vesistötulvariskit kohdistuvat Pohjanmaalle ja Lappiin. Tulevaisuudessa tulvat todennäköisesti pienenevät Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla, kun taas Järvi-Suomen suurilla järvillä tulvat pahenevat. Ilmastonmuutoksen ennakoidaan kasvattavan sademääriä ja voimistavan rankkasateita, erityisesti talvella ja Pohjois-Suomessa³⁰². Hulevesitulviin liittyvät riskit ovat suurimmat tiheimmin asutuilla alueilla, kuten Uudellamaalla. Hulevesitulvia voimistava kaupunkialueiden rakennettu pinta-ala on laajentunut voimakkaasti viime vuosikymmeninä³⁰³. Rakennetun maan kokonaispinta-alan on arvioitu kasvavan nykyisestä 14–15 % vuoteen 2040 mennessä, jolloin rakennetun alueen pinta-ala olisi Etelä-Suomessa nelinkertainen verrattuna Pohjois-Suomeen³⁰⁴. Kaupunkialueiden hulevesitulvariskejä käsitellään myös osiossa 3.1.2 (Riskit vesivaroilta ja vesihuollolle).



Kuva 3.3. Suomen ympäristökeskuksen kokoama tulvavahinkotilasto vuosilta 1995–2015. Kuvassa on esitetty sekä valtion myöntämät rakennus- ja irtaimistokorvaukset poikkeuksellisista vesistötulvista vuosina 1995–2013, että vakuutusyhtiöiden korvaukset vuosina 2010–2015 (myös meri- ja hulevesitulvat). Vuoden 2014 alusta alkaen poikkeuksellisista tulvista aiheutuneita vahinkoja on korvattu vain kotivakuutuksiin kuuluvasta tulvaturvasta.³⁰⁵

³⁰⁰ Porin kaupunki 2009 <https://docplayer.fi/3712053-Porin-kaupunkitulva-12-8-2007.html>

³⁰¹ Suomen ympäristökeskus 20.10.2017 <http://www.ymparisto.fi/tulvavahingot>

³⁰² Ilmasto-opas.fi: Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html>

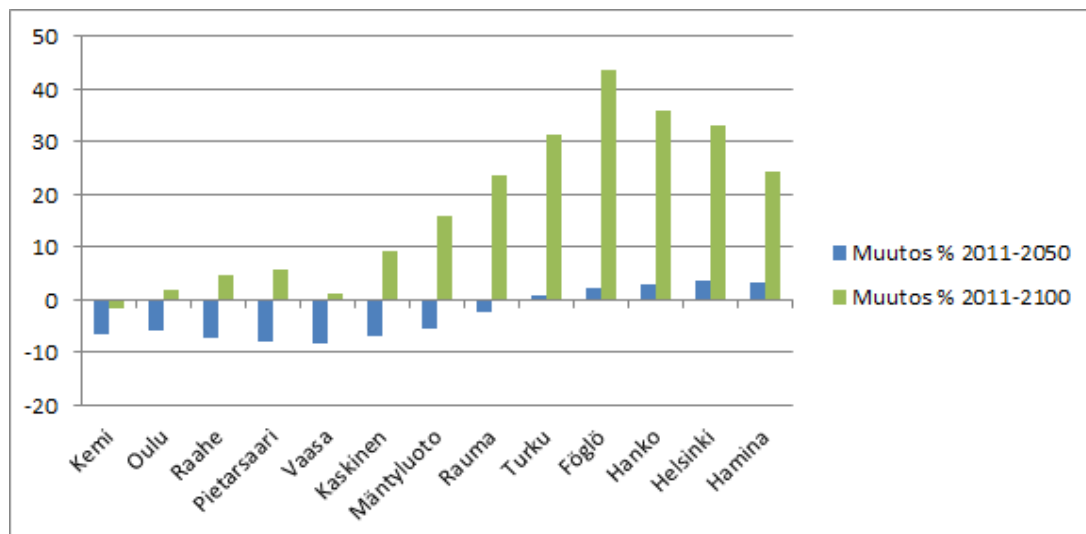
³⁰³ Tiitu 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135979>

³⁰⁴ Tiitu ym. 2015 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135979>

³⁰⁵ Suomen ympäristökeskus 20.10.2017 www.ymparisto.fi/tulvavahingot

Rannikkoalueilla meriveden pinnannoususta johtuvat tulvariskit ovat toistaiseksi melko vähäiset varsinkin alueilla, joissa maankohoaminen on voimakkainta. Pitkällä aikavälillä meritulvariskin ennakoidaan kasvavan keskimääräisen merivedenpinnan nousuvauhdin ohittaessa maankohoamisen. Nykyisellään hyvin harvinaisen (keskimäärin kerran 250 vuodessa esiintyvä tulva, eli vuotuinen todennäköisyys 0,4%) merivesitulvan alueella asuu 5 000 asukasta, kun vuonna 2100 vastaava luku olisi ilmastonmuutos huomioon ottaen viisinkertainen eli noin 25 000 asukasta³⁰⁶. Väestökehityksen myötä luku voisi olla suurempikin, mutta nykyään tulvariskit osataan ottaa kaavoituksessa huomioon melko hyvin. **Suurin riskipotentiaali aiheutuukin jo olemassa olevasta rakennuskannasta.**

Merivesitulvat johtuvat pitkäaikaisen merenpinnan nousun lisäksi lyhytaikaisemmista ilmiöistä, kuten myrskytuulista, ilmanpaineen vaihtelusta sekä Itämeren vedenpinnan edestakaisesta ominaisheilahtelusta. Tämänhetkisen arvion³⁰⁷ mukaan keskimäärin kerran sadassa vuodessa (1% vuosittainen todennäköisyys) esiintyvä tulvakorkeus voi Pohjanlahdella laskea nykyhetkestä vuoteen 2050 saakka maankohoamisen seurauksena. **Suomenlahden merenpinta nousee vuosisadan loppuun mennessä keskimäärin n. 30 cm ja korkeimman arvion mukaan jopa 90 cm.** Vuoteen 2100 mennessä tulvakorkeuksien arvioidaan kasvavan lähes kaikilla merialueilla verrattuna nykytilanteeseen (kuva 3.4). Arvio perustuu uusimpiin kansainvälisiin skenaarioihin valtamerien pinnannoususta. Skenaarioita meriveden pinnannoususta päivitetään säännöllisesti ja ne on syytä ottaa huomioon rannikkoalueiden suunnittelussa ja rakentamisen ohjauksessa yhtenä tulvariskeihin vaikuttavista osatekijöistä.^{308 309}



Kuva 3.4. Keskimäärin kerran sadassa vuodessa (1% vuosittainen todennäköisyys) esiintyvän tulvakorkeuden muuttuminen prosenteissa Suomen rannikon eri osissa. Tiedot perustuvat Kahma ym. 2014³¹⁰ esittämiin laskelmiin.

Suomen rannikon tulvien kannalta ongelmallisimpia alueita ovat ne, joissa tulva aiheutuu samanaikaisesta korkeasta meriveden pinnasta ja vesistötulvasta. Tunnetuimpia näistä alueista on Pori. Harvinaisen suuren virtaaman sattuessa samaan aikaan korkean

³⁰⁶ Suomen ympäristökeskus: Tulvatietojärjestelmä TULVATJ <http://metatieto.vmparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B58AAFEFC-1429-4343-8EE2-F5E136E0A276%7D>

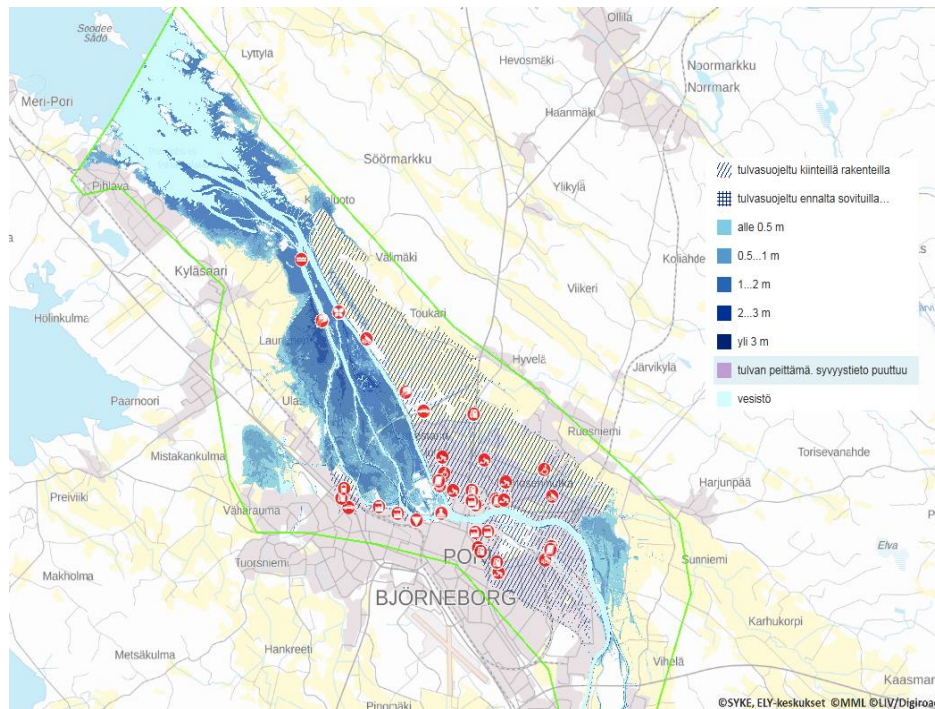
³⁰⁷ Pellikka ym. 2018 <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>

³⁰⁸ Parjanne & Huokuna 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135189>

³⁰⁹ Kahma ym. 2014 <http://hdl.handle.net/10138/135226>

³¹⁰ Kahma ym. 2014 <http://hdl.handle.net/10138/135226>

meriveden kanssa, korkealla oleva meriveden pinta estää joen normaalin purkautumisen ja saattaa aiheuttaa merkittävän tulvatilanteen suistoalueella (kuva 3.5).



Kuva 3.5. Porin merkittävä tulvariskialue erittäin harvinaisella vesistötulvalla (vuotuinen todennäköisyys 0,1%) sekä merivedenkorkeudella +140 cm. Kartalla on esitetty myös tulasuojeltu alue sekä tulvariskikohteet. Porin keskustaa suojaavien penkereiden mitoitusastoa on hiljattain nostettu ja niiden pitäisi kestää näinkin harvinainen tulva.³¹¹

Suomeen on nimetty 21 merkittävää tulvariskialuetta, joilla tulvariskin arvioidaan olevan kaikista suurin. Näillä alueilla on suorassa tulvavaarassa yhteensä noin 6 000 asukasta, jäännösriski huomioon ottaen noin 17 000 asukasta³¹². Merkittävien alueiden yhteenlaskettu hyvin harvinaisen tulvan (0,4 %:n vuotuinen todennäköisyys) aiheuttamien suorien vahinkojen arvio on yli 500 miljoonaa euroa. **Erilaisten tulvien todennäköisyydet huomioon ottavan vuosivahingon odotusarvo näillä alueille on laskettu yli 20 miljoonaksi euroksi vuodessa, jos mitään tulasuojelutoimenpiteitä ei toteutettaisi nykyisten liisäksi.**³¹³ Välilliset vaikutukset huomioon ottaen luvut voisivat olla jopa moninkertaiset. Vertailun vuoksi, tulvariskien hallintaan käytetään Suomessa vuosittain noin viisi miljoonaa euroa. Vaikka tulvavaaran ennakoidaan vähenevän joillakin alueilla, tulvariski ei ainakaan valtakunnan tasolla vähene, mikä johtuu riskialueiden väestönkasvusta.

Lisääntyvä kosteusrasitus koettelee julkisivuja ja muita rakenteita Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät kosteushaitat muodostavat riskejä sekä nykyiselle että tulevalle rakennuskannalle. Lisääntyvät kosteusriskit kohdistuvat kaikkiin rakennuksiin koko maassa, sillä pinnoille ja rakenteisiin kertyvä vesi ja kosteus ovat käytännössä mukana lähes kaikissa merkittävässä huokoisten aineiden vauriomekanismeissa.

Sateisuuden aiheuttamat kosteusriskit ovat merkittäviä jo nykyisissä ilmasto-olosuhteissa, ja riskien odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa kasvavan sateisuuden myötä. Lisäksi lämpötilojen nousu muuttaa lumisateita vesisateeksi, mikä lisää sateen aiheuttamia kosteusriskitoksia rakenteille. Viistosaderasitus on nykyilmastossa suurinta rannikkoseuduilla (jopa

³¹¹ Suomen ympäristökeskus 29.11.2017 <http://www.ymparisto.fi/tulvakartat>

³¹² Suomen ympäristökeskus 21.12.2017 <http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit>

³¹³ Silander & Parjanne 2013 <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1F1E04F-62DE-4DF5-81B7-098102C62120%7D/37016>

247mm/m² vs. 80mm/m² Lapissa) sekä korkeissa rakennuksissa. Erään arvion mukaan sen odotetaan kasvavan vuosisadan loppuun mennessä rannikoilla noin 34 %, eteläisessä Suomessa 31 %, sisämaassa 44 % ja Lapissa yli 58 %. Tulevaisuudessa viistosaderasituksen odotetaan kohdistuvan laajemmin erisuuntaisille seinäpinnoille vallitsevien etelän- ja lännenpuoleisten julkisivujen lisäksi.³¹⁴

Kosteusrasituksen kasvu rakenteiden ulko-osissa lisää mm. mikrobien kasvua rakenteissa sekä betonirakenteiden terästen korroosiota. Myös lämpötilojen nousu lisää riskiä mikrobien kasvulle, 0 °C:een yläpuolella olevien lämpötilojen luodessa mikrobikasvustoille suotuisia olosuhteita. Lämpötilan ennustetaan nousevan varsinkin syys- ja talviaikaan, mikä lisää mikrobien kasvua erityisesti vuoden jälkimmäisellä puoliskolla. Nykyisessä rakennuskannassa mikrobikasvulle riskialtimpia rakenteita ovat puurunkorakenteet ja tiiliverhotut rakenteet etenkin, jos näissä rakenteissa on heikosti tuulettuvia ulkoverhouksien taustoja. Uusien puurunkorakenteiden toimivuutta voidaan parantaa erityisesti käyttämällä kosteutta kestäviä ja hyvin lämpöä eristäviä tuulensuojamateriaaleja rakenteiden ulkopuolella.³¹⁵

Ilmaston lämmitessä talviaikaiset sulamis-jäätymissyklit vähenevät keskistä Suomea ja Lappia lukuun ottamatta, mutta **vetenä ja räntänä tuleva viistosademäärä ennen syklejä lisääntyy, mikä saattaa altistaa betonirakenteista rakennuskantaa pakkasrapautumiselle.** Pakkasrapautumisen lisäksi betonirakenteiden käyttöikä laskee raudotteiden korrosio.

Betonielementtijulkisivuja ja -parvekkeita on rakennettu paljon 1960-luvun puolivälistä alkaen, julkisivuja kaikkiaan noin 44 milj. m² ja parvekkeita yli 900 000 kpl. Erityisesti 1970-luvun betonielementtituotannossa on havaittu puutteita pakkasenkestävyydessä.³¹⁶ Nykyilmastossa heikon pakkasenkestävyyden omaavissa betonijulkisivuissa on havaittu pakkasvaurioita rannikkoseuduilla keskimäärin 22 vuoden jälkeen ja sisämaassa 24 vuoden jälkeen³¹⁷. Tulevaisuudessa nykyisen rannikkoilmaston kaltaisten olosuhteiden odotetaan leviävän laajemmin sisämaahan, mikä lisää sulamis-jäätymissykliä aiheuttamaa pakkasrapautumisen riskiä alueilla, joilla se on toistaiseksi ollut vähäisempää. Näiden seurauksena on todennäköistä, että **betonirakenteiden ulkopintojen huoltoväli tai käyttöikä lyhenee jatkossa nykyisestä**, mikä lisää kunnossapidon kustannuksia merkittävästi betonirakenteiden yleisyydestä johtuen. Rakennusten julkisivujen ja parvekkeiden lisäksi vaurioitumiselle alttiita ovat myös muut betonirakenteet, kuten sillat ja parkkihallit.

Uudisrakentamisessa kosteusriskejä voidaan vähentää rakennusaikaisilla kosteudenhallintatoimilla. Tämä on otettu huomioon rakentamisen ohjauksessa vuodesta 2018 alkaen, jolloin rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen ja -suunnitelman laatiminen nostettiin asetustasolle (YMa 782/2017 12 § ja 13 §). Lisäksi rakennushankkeen kosteudenhallintaa varten tulee nimetä sen valvonnasta vastaava henkilö (YMa 782/2017 12 §).³¹⁸

Maan kantavuuden muutoksiin liittyvät riskit voivat kosteuden lisäksi johtua myös kuivuudesta. Talviaikaisten lämpötilojen kasvaessa ja sateisuuden lisääntyessä maan vesipitoisuuden odotetaan kasvavan erityisesti talvisin, mikä alentaa maan kantavuutta. Toisaalta pitkät kuivuusjaksot voivat laskea pohjavesien pintoja ja aiheuttaa savikkoisilla alueilla maaperän ylimpien kerrosten kutistumista. Ilmiöstä johtuva maan painuminen lisää mm. rakennusten vaurioitumisen sekä putkirikkojen riskejä. Esimerkiksi vuosien 2002–2003 poik-

³¹⁴ Pakkala ym. 2016 <https://nordicconcrete.net/wp-content/uploads/2016/11/17972-NCR-nr.-54.pdf>

³¹⁵ Vinha ym. 2013 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2949-8>

³¹⁶ Lahdensivu, J. 2010 <http://hdl.handle.net/10138/37980>

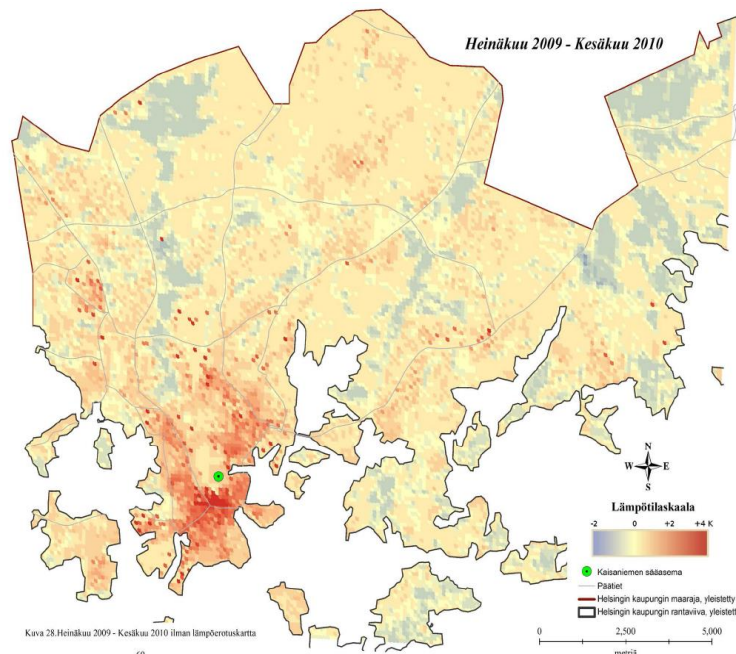
³¹⁷ Lahdensivu, J. 2012 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2823-1>

³¹⁸ Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

keuksellisen kuivuuden aikaan varsinkin Lounais-Suomen savipohjaisilla alueilla kuivuudesta johtuva maan epätasainen painuminen johti useiden miljoonien eurojen vahinkoihin rakennuksille ja vahinkoja havaittiin myös pääkaupunkiseudulla. Kyseiseen kuivuusjaksoon liittyvien vaikutusten arvioinnin mukaan Suomessa on noin 600–650 puupaalutettua kerrostaloa ja kutistumisriskin omaaville savimaille on rakennettu noin 90 000 pientaloa.³¹⁹ Suoria kustannuksia aiheuttavan välittömän korjaustarpeen lisäksi kuivuudesta johtuva pohjaveden pintojen lasku ja maan painuminen heikentävät rakennusten käyttöikä, koska esimerkiksi paalutusten käyttöikä lyhenee. **Ilmastonmuutoksen vaikutuksia erityisesti pitkien kuivuusjaksojen esiintymiseen tunnetaan vielä puutteellisesti eikä maaperän kantavuuteen liittyvien riskien muuttumisesta tulevaisuudessa ole nykyisellään riittäviä arvioita.** Ruosteenoja ym. (2017)³²⁰ ovat tarkastelleet ilmastonmuutoksen vaikutuksia maaperän pintakerroksen kuivumiseen ja havainneet että Pohjois-Euroopassa etenkin kevätaikainen kuivuus tulee lisääntymään ilmastonmuutoksen myötä. Rakennetun ympäristön näkökulmasta avainasemassa ovat lisäksi pohjaveden muutokset sekä vuosittaiset talviolosuhteet etenkin roudan osalta.

Lämpösaarekeilmiö lisää jäähdytystarvetta erityisesti kaupunkialueilla

Kaupunkien lämpösaarekeilmiöllä kuvataan kaupunkirakenteen pienilmaston suhteellista lämpimyyttä verrattuna ympäröiviin maaseutualueisiin. Ilmiön voimakkuuteen vaikuttavat mm. kaupunkirakenteen pinta-ala ja tiiviys, viheralueiden määrä ja sijainti, vesistöjen sijainti suhteessa kaupunkirakenteeseen, liikenteen määrä sekä energian käyttö. Kotimaista tutkimusta lämpösaarekeilmiöstä ja ilmastonmuutoksen vaikutuksesta siihen on tehty Turussa ja Helsingissä^{321 322}. Kuva 3.6 kuvaa Helsingin lämpösaarekettä ajallisena ja paikallisena ilmiönä vuoden aikana. Mittausjaksoon ei sisällynyt varsinaisia hellejaksoja, joten kuvasta ei käy ilmi hellejaksojen aikaisia lämpötilaeroja kaupungin sisällä.



Kuva 3.6. Ilman lämpötilaerot jaksolla heinäkuu 2009 – kesäkuu 2010 tehtyihin havaintoihin³²³.

³¹⁹ Silander & Järvinen 2004 <http://hdl.handle.net/10138/40479>

³²⁰ Ruosteenoja ym. 2017 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00382-017-3671-4>

³²¹ mm. Suomi, J. 2014 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-5912-9>

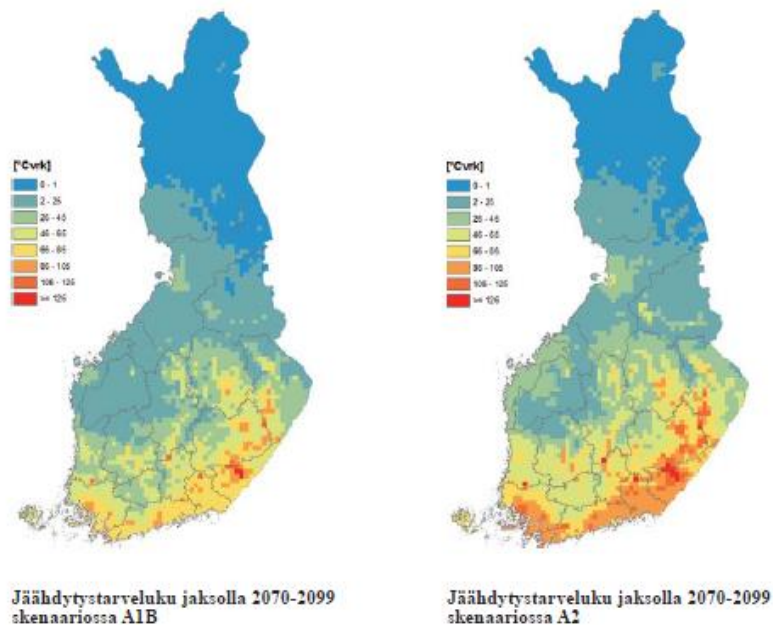
³²² mm. Drebs, A. 2011 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

³²³ Drebs 2011 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

Lämpösaarekeilmiö vähentää talviaikaista lämmityksen tarvetta kaupungeissa ja osaltaan lisää viilennystarvetta lämpimillä ajanjaksoilla. Kesäaikaisen viilennystarpeen kasvu näkyy jossain määrin jo nykyilmastossa helleaaltojen aikana ja sen odotetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä, mutta riskiä ei nykyolosuhteissa pidetä merkittävänä. **Toisaalta riski on tärkeä ottaa huomioon esimerkiksi terveyden ja sosiaalihuollon palvelujen sijoittumisessa sekä tiettyjen erityisryhmien, kuten vanhusten ja muiden korkeille lämpötiloille haavoittuvien ryhmien asumisessa ja palveluissa.**

Lämpösaarekeilmiöön vaikuttavat ensisijaisesti rakennetun ympäristön ominaisuudet, eikä ilmastonmuutoksen vaikutuksista ilmiöön ole nykyisellään riittävää tietoa riskien arvioimiseksi tulevaisuudessa. **Kaavoituksella ja mm. rakennusmateriaalien valinnoilla voidaan vaikuttaa lämpösaarekkeen voimakkuuteen.** Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) -hankkeessa kehitettiin vuonna 2014 kaavoituksen tueksi viherkerroinmenetelmä, jolla mm. kaavoittajat pystyvät arvioimaan tonttien viherpinta-alaa ja eri vaihtoehtoja sen toteuttamiseksi³²⁴. Menetelmää kehitettiin edelleen iWater-hankkeessa³²⁵ 2017 ottamaan huomioon paremmin esim. erilaiset hulevesiratkaisut ja se on käytössä mm. Turussa ja Helsingissä. Helsingin kaupunki on julkaissut oppaan viherkerroinmenetelmän käytöstä asemakaavoituksessa. Mikäli asemakaava edellyttää viherkertoimen käyttöä tontilla, on rakennuslupahakemukseen liitettävä viherkertoimen tuloskortti.³²⁶

Pitkällä aikavälillä ilmastonmuutoksen odotetaan lisäävän jäähdytystarvetta myös kaupunkien ulkopuolella. Nykyilmastossa jäähdytystarvelukua kertyy vain vähän, mutta vuosisadan puoliväliin mennessä sen arvioidaan kaikkien skenaarioiden mukaan alkavan kasvaa maan etelä- ja kaakkoisosissa. Vuosisadan loppuun mennessä jäähdytystarpeen arvioidaan kasvavan näillä alueilla jopa 5–6-kertaiseksi nykytilaan verrattuna (kuva 3.7).³²⁷



Kuva 3.7. Jäähdytystarveluku vuosisadan lopulla maltillisten päästöjen skenaariossa (A1B) sekä suurten päästöjen skenaariossa (A2)³²⁸.

Luvun 3.2.2 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

³²⁴ Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas <http://ilmastotvokalut.fi/vihrea-infrastruktuuri/viherkerroinmenetelma/>

³²⁵ Integrated Stormwater Management -hanke (iWATER) <http://www.integratedstormwater.eu/>

³²⁶ Helsingin kaupunki <https://www.hel.fi/static/rakvv/lomakkeet/viherkerroin-kayttoohje.pdf>

³²⁷ Pirinen ym. 2014 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135722>

³²⁸ Pirinen ym. 2014, Liite 2 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135722>

3.2.3 Teollisuuden sää- ja ilmatoriskit: kotimaiset- ja heijastevaikutukset

Rankkasateet ja tulvat suorana riskinä teollisuudelle

Sää ja ilmastomuutos aiheuttavat erityyppisiä riskejä teollisuudelle. **Merkittäviksi voivat muodostua esimerkiksi tulvien ja myrskyjen aiheuttamat katkokset teollisuustuotannossa sekä vesien hallinnan muutokset kaivosteollisuudessa.**

Vaikka teollisuudelle aiheutuneet vahingot tulvista ovat olleet viime vuosina vähäisiä, **harvinaiset suurtulvat aiheuttavat myös teollisuudelle huomattavan riskin, ja suurtulvan aikaisista vahingoista teollisuuden osuus voi olla merkittävä.** Vuosituhannen vaihteessa tehdyn arvion perusteella koko Suomessa keskimäärin kerran 250 vuodessa toistuvan tulvan vahingoista noin 20 % olisi aiheutunut teollisuudelle, jos mitään tilapäisiä suojauskeinoja ei olisi toteutettu.³²⁹ Sitten on mm. vesistöjen varrelle perinteisesti sijoitettua puunjalostusteollisuutta lopetettu, joten vahinkopotentiaali on muuttunut. Teollisuuden vahingot voivat suurtulvan aikana joka tapauksessa olla suuria, varsinkin jos otetaan mahdolliset pitkäkestoiset toimintahäiriöt huomioon.

Erityisesti rankkasateiden kasvun³³⁰ myötä kaivosten vedenhallinnan riskit voivat lisääntyä. Historiallisen aineiston valossa veden hallinnan vaikeudet ovat aiheuttaneet kaivoksissa 54 % poikkeustilanteista. Yli puolet näistä liittyy patoihin.³³¹ Vuonna 2014 julkaisussa Kaivosten ympäristöturvallisuus -raportissa³³² korostetaan mitoitustulvien merkitystä. Raportissa ei kuitenkaan ole tarkasteltu ilmastomuutoksen mahdollista vaikutusta mitoitustulviin, jotka perustuvat arvioihin keskimäärin kerran sadassa vuodessa (1 %:n vuosittainen todennäköisyys) esiintyvistä tulvista. Vastaavaa kokoavaa tarkastelua ei ole tehty ympäristölupiin sisältyvistä riskiarvioista.

Teollisuuden toimintaketjujen ja heijastevaikutusten kautta syntyy välillisiä riskejä

Suurimmat riskit teollisuudelle ovat todennäköisesti välillisiä. Ne voivat muodostua joko Suomen muihin sektoreihin kohdistuvista ilmastomuutoksen vaikutuksista tai heijastevaikutuksista Suomen rajojen ulkopuolelta. Suomen eri sektoreihin kohdistuvia riskejä ja vaikutuksia on käsitelty tarkemmin ao. sektorien luvuissa (luku [3.1.2 vesivarat ja vesihuolto](#), luku [3.1.3 maatalous](#), luku [3.2.1 energia](#), luku [3.2.4 liikenne](#)). Mikä tai mitkä näistä riskeistä muuttuvat merkitykselliseksi, määräytyy eri teollisuusalojen ja laitosten arvoketjujen ja sijainnin mukaan (Kuva 3.8) Teollisuuden välillisen haavoittuvuuden ja altistumisen tarkastelussa arvoketjut ovat siten avainasemassa. Riskien merkitys määräytyy myös riskisuhtautumisen ja tavoitteiden mukaan.³³³

Suomessa liikenteen ja energiasektorin riskit aiheuttavat riskejä myös teollisuudelle logistiikan ja sähkösaannin katkeamisen myötä^{334 335}. Myrskyjen ja muiden äkillisten häiriöiden lisäksi paheneva ja pitenevä kelirikko-aika voi ajoittain haitata metsäteollisuuden puunhankintaa. Vesisektorin riskit, kuten tulvat, myrskyt ja kuivuus, voivat vaikuttaa teollisuuden vedenhankinnan ja jäähdytysvedensaannin riskeihin. Elintarviketeollisuudelle riskejä syntyy sekä kotimaisen ruuantuotannon riskien kautta että heijastevaikutuksena tuontielintarvikkeiden ja -tuotantopanosten myötä. Elintarviketaruun vaikuttaa myös mm. logistiik-

³²⁹ Ollila ym. 2000 <http://hdl.handle.net/10138/40504>

³³⁰ Ruosteenoja ym. 2016 www.geophysics.fi/pdf/geophysics_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

³³¹ Välsälö ym. 2014 <http://hdl.handle.net/10138/42780>

³³² Ympäristöministeriö 2014 <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42781>

³³³ Heckmann ym. 2015 <http://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>

³³⁴ Energiatieteellisyys: Sähkökatkot – Yleistietoa häiriöistä https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkokatkot

³³⁵ Turvallisuuskomitea 2015 <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-jarjestelmat-ovat-elintarkeita-yhteiskunnassamme/>

kaan sekä polttoaineiden ja lannoitteiden saatavuuteen liittyvät riskit. Toteutuneissa riskitar-
kasteluissa on viitattu ilmastonmuutokseen,³³⁶ mutta mahdollisia kehityskulkuja ei ole ana-
lysoitu tarkemmin.

Teollisuus on varautunut sää- ja ilmatoriskeihin, mutta heijastevaikutukset voivat yllättää
Teollisuuden sopeutumiskyky Suomen sisäisiin riskeihin on pääosin hyvä. Tähän viit-
taa mm. se, että mm. sään ääri-ilmiöiden seurauksista maksetut korvaukset ovat vain pie-
niltä osin menneet teollisuudelle.³³⁷ Tukesin VARO-tietokannasta³³⁸ ei myöskään löydy ku-
vauksia teollisuudessa ilmenneistä, myrskyistä tai tulvista johtuvia onnettomuus- tai vaarati-
lanteita.

Varautumissuunnitelmia esimerkiksi myrskyjen, tulvien ja kuivuuden varalle on tehty lähinnä suurimmissa teollisuuslaitoksissa. Laitosten riskikäsitykset ovat puutteellisia tai ilmiöt koetaan niin harvinaisiksi ettei niihin varautumista pidetä kannattavana. Laitosten tie-
dottaminen ja aktivoiminen voisi parantaa varautumisen tasoa huomattavasti suhteessa sii-
hen vaadittavaan työmäärään. Varautumissuunnitelman tarpeessa olevat laitokset voitaisiin tunnistaa keskitetysti. Varautumissuunnitelmien nykyistä laajempi toteuttaminen ja säännöl-
linen päivittäminen parantaisivat myös ilmatoriskien hallintaa. Varautumissuunnitelmien pe-
rusteella on tunnistettavissa, miten altistumista ja haavoittuvuutta on mahdollista vähentää. Esimerkiksi kaivosten stressitestit³³⁹ auttoivat tunnistamaan kriittisiä kohteita. Sähkökatkojen osalta on varautumissuunnitelmia, mutta esimerkiksi tykkylumi- ja myrskytilanteet ovat osoit-
taneet, että merkittäviä riskejä voi silti realisoitua³⁴⁰.

Sää- ja ilmatoriskejä pienentäviä sopeutumiskeinoja voivat olla esimerkiksi

- varavesilähteet
- veden puhdistusmahdollisuudet
- kaivosten vesienhallinnan parantaminen mm. ennakointia, ennusteita ja suunnitelmia kehittämällä
- kuljetusreittien ja -tapojen kehittäminen
- vaihtoehtoisten reittien ennakointi
- energian kysyntäjoustop tietoinen kehittäminen
- oman energiantuotannon kehittäminen
- energiatehokkuuden parantaminen.

Globaalit heijastevaikutukset Suomen teollisuuteen määräytyvät teollisuuden arvoketjujen ja -verkkojen mukaan³⁴¹. **Haavoittuvimpia heijastevaikutuksille ovat ne teollisuudenalat ja yritykset, joiden arvoketjujen kriittiset kohdat helposti altistuvat ilmastonmuutoksen vaikutuksille Suomen rajojen ulkopuolella.** Jos toiminnot näissä solmukohdissa ovat herkkiä esimerkiksi sään ääri-ilmiöille, heijastevaikutuksen riski voi realisoitua voimakkaana. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa on herätty heijastevaikutusten uhkiiin³⁴².

**Heijastevaikutusten hallintaa voidaan yksinkertaisimmillaan vahvistaa kehittämällä mm. arvoketjuja/-verkkoja siten, että on useita vaihtoehtoisia hankinta-alueita ja -reit-
tejä sekä myös vientimarkkinoita³⁴³.** Vaativampi, mutta pitkällä tähtäyksellä vastuullisempi tie, on auttaa parantamaan arvoketjujen haavoittuvimpien osien tai kohtien

³³⁶ esim. Turvallisuuskomitea 2015 <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-iarjestelmat-ovat-elintarkeita-yhteiskunnassamme/>

³³⁷ Pilli-Sihvola ym. 2016a <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

³³⁸ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes: Vaurio- ja onnettomuusrekisteri <http://varo.tukes.fi/#>

³³⁹ Väälisalo ym. 2014 <http://hdl.handle.net/10138/42780>

³⁴⁰ esim. Ronkainen 29.12.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9998807>

³⁴¹ Hildén ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

³⁴² Miller ym. 2013 <https://doi.org/10.5304/afscd.2013.034.016>

³⁴³ Lim-Camacho ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.08.011>

sieto- ja sopeutumiskykyä. Tämä on luonteva ratkaisu silloin, kun teollisuudella on omaa toimintaa tai muuten kiinteitä liiketoimintasuhteita kohdemaissa. Mm. kaivosalalla on tunnistettu tarve tarkastella kokonaisvaltaisesti alaa globaalilla tasolla ja arvioida erityyppisiä riskejä ja mahdollisuuksia vähentää niitä kestävästi ³⁴⁴.

Luvun 3.2.3 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

3.2.4 Riskit koskevat liikennejärjestelmän kaikkia osia

Liikenteen ilmatoriskien muodostuminen

Liikenne on henkilöiden, tavaroiden ja tiedon kuljetusta tai liikkumista paikasta toiseen, ja se sisältää kaikki liikkumisen eri muodot. Liikenteeseen sisältyy myös oleellisesti liikennejärjestelmä, joka muodostuu liikenneväylistä, henkilö- ja tavaraliikenteestä näillä väylillä sekä liikennettä ohjaavista järjestelmistä ³⁴⁵. Liikennejärjestelmään voidaan myös lukea mukaan liikenteen ja kuljetusten alalla toimivat yritykset ja organisaatiot. **Tässä selvityksessä tarkastelemme pääosin tie-, raide-, lento-, meri- ja tietoliikennettä sekä näihin liittyvää väylästä ja infrastruktuuria. Tarkastelemme myös logistiikkaa,** mikä on materiaali- ja tietovirtojen hallintaa ja myös osa liikennejärjestelmää. Logistiikka käsittää koko ketjun raaka-aineista jalostamiseen ja valmistukseen sekä tuotteiden päätymiseen loppukäyttäjälle. Siihen kuuluu myös materiaalien, välituotteiden ja lopputuotteiden varastointi.

Liikennejärjestelmän lainsäädännöllisestä kokonaisohjauksesta vastaa liikenne- ja viestintäministeriö. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi vastaa liikenteen normeista, lupahallinnosta ja markkinoiden valvonnasta. Liikennevirasto puolestaan vastaa teistä, rautateistä ja vesiväylistä sekä liikennejärjestelmän kehittämisestä. Alueviranomaiset (ELY-keskukset) huolehtivat Liikenneviraston ohjeistamina siitä, että heidän alueillaan liikenne tapahtuu sujuvasti ja turvallisesti ja että tiet ovat hyvässä kunnossa. Lentoliikenteen infrastruktuurista eli lentoasemista vastaa valtionyhtiö Finavia.

Liikenne on suoraan altis sääolosuhteille, ja liikenteen häiriöt edelleen vaikuttavat muiden toimialojen toimintaan henkilöiden ja tavaroiden kuljetusten sekä tiedon jakamisen kautta. Sääolosuhteiden takia liikenteessä voi tapahtua erilaisia häiriöitä, kuten esimerkiksi onnettomuuksia sekä kuljetusten viivästymisiä ja peruuntumisia. **Liikenteen infrastruktuuri ja eri kulkuvälineet ovat jatkuvasti sään armoilla, ja niille voi syntyä merkittäviä vaurioita. Liikenteen sää- ja ilmatoriskien hallinnassa on erityisesti kyse kokonaisturvallisuudesta ja yhteiskunnan toimintavarmuudesta,** sillä liikenne nivoo yhteen monia yhteiskunnan toimintoja. **Sää ja ilmasto aiheuttavat onnettomuus-, vaurioitumis- ja myöhästmisriskejä, jotka kaikki aiheuttavat kustannuksia ja arvonmenetyksiä toimijoille ja koko yhteiskunnalle.** Ilmastonmuutos vaikuttaa kuljetusjärjestelmiin, liikenteen kehitysnäykymiin, ratarakenteisiin, kunnossapitoon ja sopeutumistarpeeseen ³⁴⁶. Vaikka esimerkiksi ylläpitokustannukset pitkällä aikavälillä pienenisivätkin ilmastonmuutoksen myötä, ovat muut sään ääri-ilmiöiden haittavaikutukset liikenteelle silti merkittäviä ja kustannuksia lisääviä tekijöitä ³⁴⁷.

Liikenteen haavoittuvuuteen vaikuttavat useat seikat, kuten kulkuneuvojen ja kuljettajien ominaisuudet, väylien ominaisuudet ja muun liikenteen vuorovaikutus sekä käytettävissä oleva sää- ja kelitieto. **Liikennemuodosta riippuen haavoittuvuus- ja altistumistekijät**

³⁴⁴ Ali ym. 2017 <https://doi.org/10.1038/nature21359>

³⁴⁵ Liikennevirasto 20.12.2017 <https://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma#.Wo6wXuexUuU>

³⁴⁶ Saarelainen & Makkonen 2007 <https://www.doria.fi/handle/10024/139344>

³⁴⁷ Nokkala ym. 2012 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T36.pdf>

vaihtelevat. Valtioneuvoston muutostekijäkorteista³⁴⁸ liikenteen kannalta oleellisimpia lienevät globaalin talouden murros, väestörakenne ja kaupungistumiskehitys, teknologinen murros, ilmastonmuutos, EU:n ja kansallisvaltion kehitys, Suomen talouden kehitys, arvojen ja asenteiden muutos sekä kriittisen infrastruktuurin toimitusvarmuus.

Sorvali (2013)³⁴⁹ tunnistaa seuraavat ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset liikenteelle ja tietoliikenteelle:

- merenkulku hankaloituu (ahtojäät ja sohjovyöt)
- lentoliikenne hankaloituu (myrskyjen ja sateiden lisääntyminen, lentokenttien ylläpito)
- ratapenkereiden ja teiden sortumisriski kasvaa
- rataverkon ja tiestön kunnossapito-ongelmat ja kustannukset lisääntyvät
- huonot keliolosuhteet lisääntyvät kaikilla liikennemuodoilla
- kuljetusvarmuus heikkenee ja kustannukset menetetyistä ajasta kasvavat ja
- liukkauden torjunnan tarve lisääntyy
- vauriot ilmajohtoverkoille ja katkokset maakaapeleissa lisääntyvät ja
- toimivuushäiriöiden korjaamisesta ja niihin varautumisesta aiheutuu lisäkustannuksia.

Nämä päätelmät pitävät yhä paikkansa ja kotimaan liikenteen eri aloilta kertynyt Sorvalin (2013)³⁵⁰ jälkeinen tutkimustieto liittyy lähinnä lentoasemien hulevesijärjestelmiin ja liukkaudentorjuntaan³⁵¹, jalankulkuun³⁵² ja sääolosuhteista aiheutuviin tie- ja rataliikenteen häiriöihin³⁵³ ja onnettomuuksiin³⁵⁴ sekä talviajan nopeusrajoitusten vaikutuksesta liikenneturvallisuuksiin³⁵⁵. Tämän lisäksi EU-hankkeissa ja Euroopan tasolla on käsitelty haitallisten sääilmiöiden vaikutuksia liikennejärjestelmään ja niiden kustannusvaikutuksia,^{356 357} ilmastonmuutoksen vaikutuksia sisävesiliikenteeseen,³⁵⁸ ja eri liikennemuotojen resilienssiä äärisäille³⁵⁹. OECD:n tasolla on tarkasteltu liikenneinfrastruktuurin omistajiin ja liikenneverkon haltijoihin kohdistuvia vaikutuksia.³⁶⁰ Näiden lisäksi on mallinnettu liikenteeseen vaikuttavien vaaratekijöiden todennäköisyyksiä³⁶¹ ja kerätty tietoa liikenteen ilmastonmuutokseen sopeutumistoimista³⁶². Myös sääolosuhteiden, säätiedon ja auto-onnettomuuksien välistä yhteyttä³⁶³ ja säätiedon välittämiseen liittyvien innovaatioiden merkitystä on tutkittu³⁶⁴.

Esimerkkeinä liikenteen sää- ja ilmastoriskien hallintakeinoista ovat esimerkiksi

- väylien kunnossapito
- liikenneturvallisuuksiin liittyvä kouluttaminen ja tietoisuuden lisääminen
- liikennemäärien vähentäminen

³⁴⁸ Valtioneuvoston kanslia 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-458-0>

³⁴⁹ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

³⁵⁰ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

³⁵¹ Viitanen 2015 <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ttv-201510221688>

³⁵² Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

³⁵³ Sääli2016-hanke 2017, ei linkkiä saatavilla

³⁵⁴ Malin ym. 2017 <https://www.doria.fi/handle/10024/143844>

³⁵⁵ Peltola 2015 <https://www.doria.fi/handle/10024/121607>

³⁵⁶ Extreme weather impacts on European networks of transport -hanke (EWENT) <http://ewent.vtt.fi/index.htm>

³⁵⁷ Weather Extremes: Impact on Transport Systems and Hazards for European Regions -hanke (WEATHER) <https://www.weather-project.eu/weather/index.php>

³⁵⁸ Effects of climate change on the inland waterway networks -hanke (ECCONET) <https://www.econet.eu/>

³⁵⁹ Management of Weather Events in the Transport System -hanke (MOWE-IT) <http://www.mowe-it.eu/>

³⁶⁰ ITF 2016 <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108079-en>

³⁶¹ RAIN-tutkimushanke <http://rain-project.eu/>

³⁶² EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

³⁶³ Perrels ym. 2015 <http://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/2681/htm>

³⁶⁴ Pilli-Sihvola ym. 2016b <https://bit.ly/2Nqw39q>

- teiden ja kevyen liikenteen väylien liukkauden torjunta,
- teiden ja radan käyttäjille tiedottaminen
- kunnossapitoressurssien jakaminen vaikutuksista kärsiville alueille.³⁶⁵

Hellgren ym. (2014) ovat tunnistaneet Liikenneviraston sidosryhmien sopeutumiseen liittyviä tutkimustoiveita, joita ovat liikenneväylien ja ratojen penkereiden toimivuus ja maan kantavuus merenpinnan noustessa, väylien patovaikutus ja tulvavesien ohjautuminen taajama-alueilla, roudan syvyyden mahdollinen muuttuminen ja sen vaikutukset, talvikunnossapidon tarpeiden muutos ja nastarenkaista luopuminen, ja tiehulevesien määrä ja laatu.³⁶⁶

Liikennejärjestelmä.fi-portaali³⁶⁷ on Suomen liikennejärjestelmän tilan kehitystä kuvaava tietopankki, johon on koottu liikenne- ja viestintäministeriön, Liikenneviraston, Trafín, Ilmatieteen laitoksen ja muiden tahojen tuottamia indikaattoreita. Sen tarkoituksena on tukea 5–30 vuoden aikajänteellä tapahtuvaa liikennepolitiikan ja strategisen tason suunnittelua ja päätöksentekoa. Portaali sisältää myös liikenteen haavoittuvuuden kannalta oleellisia indikaattoreita, kuten tietoa väylien kunnosta, väestön määrästä ja ikärakenteesta ja työmatkojen pituudesta. Näitä indikaattoreita voi soveltaa myös sää- ja ilmatoriskien hallinnan suunnittelun ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen tukena. Toisaalta portaalia voisi kehittää siten, että siellä olisi vielä monipuolisemmin tietoa esimerkiksi keliolosuhteista.

Sää- ja ilmatoriskien hallinnassa sekä sopeutumisessa voi olla hyödyksi myös Liikennefakta.fi -sivusto³⁶⁸. Sivustoon kerätään ajantasaista tietoa liikennejärjestelmän eri näkökulmista liittyen turvallisuuteen, ympäristöön, toimitusvarmuuteen ja markkinoihin ja se toimii tietopankkina liikennejärjestelmän seurannalle, raportoinnille ja kehittämiselle. Sivustoa ylläpitää Trafi.

Vaikka kaikki liikennemuodot ovatkin sään armoilla, eri vaaratekijöiden (sääilmiöiden tai -olosuhteiden) aiheuttamat häiriöt voivat painottua liikennemuodoittain. Esimerkiksi Valio-myrsky (2015) ja Helena-rajuilma (2014) aiheuttivat enemmän häiriötä rataliikenteelle kuin tieliikenteelle, mutta tykkylumen aiheuttamia liikennehäiriötä havaittiin molemmille.³⁶⁹ Yhtenä uutena mahdollisesti lisääntyvänä vaaratekijänä esiin nousee jäätävä sade, joka aiheuttaa liukkautta ja sähkölinjojen katkoksia ja siten liikennehäiriöitä³⁷⁰.

Tieliikenne hankaloituu etenkin talvisin

Erilaiset sääilmiöt, kuten myrskyt, rajuilmat, sumu, ukkonen, lumipyry, sateet ja tulvat, vaikuttavat ajo-olosuhteiden haasteellisuuteen, kun esteitä voi kaatua teille ja näkyvyys ja pintatilkka vähenevät.³⁷¹ **Tieliikennettä hankaloittavat erityisesti talvella esiintyvät sään ääri-ilmiöt**, kuten voimakas lumentulo, lumipyryt, lumikuorman määrä ja jäätävä sade³⁷². Tieliikenteessä onnettomuudet voivat lisääntyä jopa 20 % talven sääoloista riippuen³⁷³. **Talven äärisään aiheuttamalla riskeillä on tapahtuessaan suoria taloudellisia vaikutuksia sairaanhoidon ja sairaspöissaolojen kautta (liukastuminen)**³⁷⁴ (ks. luku [3.2.6 Terveys](#)).

³⁶⁵ Säälí2016-hanke 2017 ei linkkiä saatavilla

³⁶⁶ Hellgren ym. 2014 <https://www.doria.fi/handle/10024/121220>

³⁶⁷ Liikennejärjestelmä.fi-portaali <http://liikennejarjestelma.fi/>

³⁶⁸ Liikennefakta.fi <https://www.liikennefakta.fi/>

³⁶⁹ Säälí2016-hanke 2017, ei linkkiä saatavilla

³⁷⁰ Kämäräinen ym. 2016a http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

³⁷¹ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

³⁷² Groenemeijer ym. 2016 http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

³⁷³ Perrels ym. 2015 <http://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/2681/htm>

³⁷⁴ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

Lisäksi liikenteen infrastruktuurille ja kulkuneuvoille voi sääilmiöiden takia syntyä vahinkoa tai kulumista ja eri kulkumuotojen ylläpidolle aiheutuu haasteita ja lisäkustannuksia ³⁷⁵.

Säähän liittyvät ilmiöt aiheuttavat alikulkujen, teiden ja katujen tulvimista, maarakenteiden sortumista, viemäreiden tukkiutumista ja tien vierustan eroosiota ³⁷⁶. Kuumuus puolestaan voi aiheuttaa kuljettajien väsymystä, jalkakäytävien vaurioita ja kulkuneuvojen vikoja ³⁷⁷ sekä tien pinnan halkeilua ja siltojen ja muiden rakenteiden vauriota ³⁷⁸. **Kaiken kaikkiaan äärimmäiset ja poikkeavat sääolosuhteet heikentävät liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Ilmastonmuutoksen myötä teiden romahtamisen riski kasvaa, kuljetusreittien tulvariski lisääntyy, ja pohjavedenpinnan nousun aiheuttamat riskit ja ilmastonmuutoksen vaikutukset yleisesti lisääntyvät ³⁷⁹.**

Jalankulkijoiden haavoittuvuuteen erityisesti talvella vaikuttavat jalkinevalinnat, liukuesteet ja kiire. Suuri vaikutus on myös jalkakäytävien ja kevyen liikenteen väylien kunnossapidolla ja oikea-aikaisella liukkauden torjunnalla. ³⁸⁰

Tieliikenteessä haavoittuvuuteen vaikuttavat:

- kuljettajan ajotaito ja käyttäytyminen sekä renkaiden kunto ja tyyppi ³⁸¹
- ajonopeus ³⁸²
- ajoneuvojen turvallisuus ja teknologia sekä väestön ikä ja arvot ³⁸³
- tarkemmat sääennusteet, kelitieto ja tiedon jakelu ³⁸⁴
- tiestön ylläpito, tierakenteiden ja kuljetusjärjestelmien ominaisuudet sekä liikenteen nopeus, määrä ja koostumus ³⁸⁵
- kulkuvälineen valinta, teiden kunto ja turvallisuus, kuten kuluminen ja urautuminen, ja vaihtoehtoiset reitit ³⁸⁶.

Esimerkiksi viikonloppuliikenne on vähemmän herkkä huonolle säälle kuin arkiliikenne, koska vapaa-ajalla ihmisillä on enemmän varaa joustaa matkustamisesta ³⁸⁷. Haavoittuvuuteen vaikuttavat myös vaihtoehtoisten reittien käyttöönoton helppous ja välityskyky, sillä useat sääilmiöt (myrskyt, tulvat jne.) voivat katkoa teitä, jolloin liikenteessä olijoiden on osattava ja pystyttävä reagoimaan ja muuttamaan suunnitelmiaan sen mukaan. Onnettomuusriski huonoissa keli- ja sääolosuhteissa (erityisesti lumisateella ja liukkailla tienpinnoilla) on korkeampi moottoreilla kuin kaksi- ja monikaistaisilla teillä, vaikka muutoin moottoreiden onnettomuusriski onkin alempi ³⁸⁸.

Yhtenä tieliikenteen merkittävänä haavoittuvuustekijänä Suomessa on kuitenkin teiden kunto. Maanteille kohdistuva korjausvelka vuoden 2017 alussa on 1 297 milj. euroa,

³⁷⁵ mm. Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

³⁷⁶ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

³⁷⁷ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

³⁷⁸ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

³⁷⁹ Saarelainen 2006 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046>

³⁸⁰ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

³⁸¹ mm. Salli ym. 2008 <http://www.tut.fi/verne/aineisto/keliriskit.pdf>

³⁸² Kärki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/133579>

³⁸³ Pöllänen 2010 http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/talviliikenteen_kehittyminen_raportti.pdf

³⁸⁴ mm. Pilli-Sihvola ym. 2016b <https://bit.ly/2Nqw39q>

³⁸⁵ mm. Sääli2016-hanke 2017, ei linkkiä saatavilla

³⁸⁶ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

³⁸⁷ Perrels ym. 2015 <http://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/2681/htm>

³⁸⁸ Malin ym. 2017 <https://www.doria.fi/handle/10024/143844>

joka kasvoi 15 milj. euroa edellisestä vuodesta ³⁸⁹. Ilmaston muuttuessa paine tieinfrastruktuuriin oletettavasti kasvaa entisestään ³⁹⁰. Mikäli korjausvelka jatkaa samansuuntaista kehitystä, voivat tieliikenteen turvallisuuden liittyvät riskit kohota ja samalla teiden välityskyky pienentyä, mikä tarkoittaa myös taloudellisten kustannusten kasvua.

Tieliikenteen infrastruktuurin kannalta sääriskeihin liittyviä hallinta- ja sopeutumista-poja on lukuisia, kuten suojeleusuunnittelu, rakenteiden ja niiden kestävyysparantaminen (kuivatuksen parantaminen³⁹¹, eroosiosuojaus, tien tasauksen nostaminen), suunnittelu- ja mitoituserusteiden tarkistaminen (tuuli, sade, tulvakorkeudet), ohjeiden (esim. rakentamismääräysten) tarkistaminen sekä kunnossapidon sopeuttaminen (mm. liukkaudentorjunta, lumenpoisto, tulvasuojaus, eroosiontorjunta), ^{392 393 394} taajama-alueiden katuviemäröinnin uudelleenmitoittaminen ja teiden rumpumitoituksen muuttaminen ³⁹⁵ sekä maarakenteiden eroosiosuojaus, rakennusmateriaalien valinta ³⁹⁶.

Lisäksi sääriskeihin varautumista edesauttavat parempi säätieto, varoitukset, tiedotus ja kelitieto välittävien palveluiden kehittäminen, esim. liikkuva keliseuranta ^{397 398 399 400}. Liikenneviraston tutkimuksen mukaan sää- ja kelitieto vähentää tieliikenteen onnettomuuksien yhteiskunnallista kustannusta, tässä tapauksessa työpanoksen menetystä, 4,6–9,2 milj. euroa/vuosi ja liukastumisen kustannusta 2,4–3,6 milj. euroa/vuosi. Hyöty on tiesääasema- ja kelikameraverkoston ylläpitokustannuksia suurempi. ⁴⁰¹

Kuumuuden aiheuttamaa onnettomuus- ja vaurioriskiä voidaan alentaa asfaltin ja sen sidosaineen valinnalla ⁴⁰². Tienpidossa talven sääriskejä hallitaan jää-, lumi- ja sohjokelien laadunhallinnan kautta ⁴⁰³ ja alentamalla talviajan nopeusrajoituksia ⁴⁰⁴. Sää- ja ilmatoriskien hallinnan kannalta oleellista laadunhallinnassa on esimerkiksi, että valvotaan talvihoidon kriiteerien (liukkaudentorjunta ym.) täyttymistä. Laadunhallinnan toimilla voidaan vähentää henkilövahinko-onnettomuuksia ja jopa liikennekuolemia ⁴⁰⁵. Liikenneturvallisuuden, ympäristön ja taloudellisuuden kannalta on suositeltavaa, että tieliikenteen toimijat kiinnittäisivät huomiota nastarenkaiden tasaiseen kulumiseen ⁴⁰⁶.

Sää ja ilmastonmuutos hankaloittavat raideliikenteen sujuvuutta

Raideliikenteelle ja -infrastruktuurille merkityksellisiä vaaratekijöitä ovat jäätymis- ja sulamis-syklin muutos sekä lämpötilan vaihtelut ja kuumuus. Ne aiheuttavat rakenteiden kuivatus- ja stabiiliteettiongelmia (kuten routanousuja), virransyöttöhäiriöitä, kulunvalvonnan häiriötä ja

³⁸⁹ Dietrich ym. 2017 <http://urn.fi/URN:978-952-317-454-2>

³⁹⁰ Ruotoistenmäki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/139433>

³⁹¹ Toivonen 2015 <https://www.doria.fi/handle/10024/121260>

³⁹² Saarelainen 2006 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046>

³⁹³ Saarelainen & Makkonen 2007 <https://www.doria.fi/handle/10024/139344>

³⁹⁴ Ruotoistenmäki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/139433>

³⁹⁵ Nemry & Demirel 2012 <ftp://s-ircsvqpx101p.irc.es/pub/EURdoc/JRC72217.pdf>

³⁹⁶ Ruotoistenmäki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/139433>

³⁹⁷ Saarelainen & Makkonen 2007 <https://www.doria.fi/handle/10024/139344>

³⁹⁸ Salli ym. 2008 <http://www.tut.fi/verne/aineisto/keliriskit.pdf>

³⁹⁹ Kärki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/133579>

⁴⁰⁰ Pilli-Sihvola ym. 2016b <https://bit.ly/2Nqw39q>

⁴⁰¹ Saarinen ym. 2014 <https://www.doria.fi/handle/10024/121081>

⁴⁰² Nemry & Demirel 2012 <ftp://s-ircsvqpx101p.irc.es/pub/EURdoc/JRC72217.pdf>

⁴⁰³ Kärki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/133579>

⁴⁰⁴ Peltola 2015 <https://www.doria.fi/handle/10024/121607>

⁴⁰⁵ Kärki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/133579>

⁴⁰⁶ Lahti ym. 2017 https://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2017_tutkimukset/nastarenkaiden_kuntoerot_riskitekijana

uhkaavat raideliikenteen turvallisuutta. ⁴⁰⁷ Kuumuus voi myös jumiuttaa raiteita ⁴⁰⁸ ja ylikuumentaa laitteistoa, kun taas kylmällä kelillä ajojohdot voivat jäätä ⁴⁰⁹. Kova vesi- ja lumisade voivat aiheuttaa haasteita raideliikenteelle ⁴¹⁰. Lisäksi sääriskit vaikuttavat raideliikenteen ajo-olosuhteisiin, kun näkyvyys ja pintakitka vähenevät ⁴¹¹ tai kun puita kaatuu raiteille tai sähkölinjoille. Pintakitka voi vähentyä myös lehtikelin seurauksena. Lehtikelillä tarkoitetaan puiden pudottamien lehtien päätymistä raiteille ja liiskaantumista junan pyörien alle, jolloin pito vähenee.

Toteutuessaan sääriskit voivat aiheuttaa myöhästymisiä, viivästyksiä ja epäoptimaalisia toimintoja, kun esimerkiksi rahat viivästyvät ⁴¹² tai junia joudutaan perumaan ⁴¹³. **Näillä kaikilla on kustannusvaikutus** taloudellisen toiminnan toimitusketjujen ja myöhästymisten kautta ⁴¹⁴. Kustannuksia syntyy myös infrastruktuurille, liikenteenharjoittajille ja kaupunkien julkiselle liikenteelle korjauksista ja ylläpidosta ⁴¹⁵.

Raideliikenteessä haavoittuvuuteen sääolosuhteiden aiheuttamille häiriöille voivat vaikuttaa henkilö- ja tavaraliikenteen määrä⁴¹⁶, yksiraiteisuus, käytössä oleva teknologiat ja sähköverkot. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan haavoittuvuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös raiteiden tyyppi, vaihtoehtoisten reittien puute, raiteiden kapasiteetti sekä rautatiemattilaisten tietoisuus sään ja ilmastomuutoksen vaikutuksista ja niiden välisestä yhteydestä ⁴¹⁷. Vaihtoehtoisten reittien käyttöönoton helppous ja välityskyky vaikuttavat haavoittuvuuteen, sillä useat sääilmiöt (myrskyt, tulvat jne.) voivat katkoa raideyhteyksiä, jolloin liikenteessä olijoiden on osattava ja pystyttävä reagoimaan ja muuttamaan suunnitelmiaan sen mukaan. Junien ajaminen on haasteellisinta ja altteinta sääriskien vaikutuksille enemmän nousuja ja laskuja sisältävillä rataosuuksilla erityisesti mäkeen jäämisen uhan vuoksi. (Kts. myös tietolaatikko 4)

Raideliikenteen toimintavarmuuden takaamiseksi voidaan esimerkiksi harventaa vuorovälejä silloin, kun sääriskit ovat suuria. Raiteiden jumiutumisesta aiheutuvaa onnettomuusriskiä voidaan alentaa säähän sopivilla tilannenopeuksilla, paremmilla sääennusteilla ja riittävällä kausihuollolla ⁴¹⁸. Muita mahdollisia raideliikenteen varautumista ja riskienhallintaa edistäviä keinoja ovat esimerkiksi routaverkkohavainnot, tutkaluotaukset, junien ajamistapojen parantaminen sekä konenäön ja sen eri sovellusten kehitys.

Tietolaatikko 4: Iso-Britannian junayhtiö Network Rail (2015) on selvittänyt ilmastomuutosriskejä raideinfrastruktuurilleen ja tunnistanut mm. lämpötilojen, tulvien lisääntymisen, sademäärän muutosten ja vuodenaikaisvaihteluiden mahdollisia vaikutuksia raideinfrastruktuurille. Esimerkiksi tulokaslajien ja lehtikelien on tunnistettu vaativan huoltotöitä ja sitä kautta lisäävän kustannuksia. Myös henkilökunnan turvallisuus ja sen takaaminen on nostettu esiin ilmastomuutosriskeihin varautumisessa. ⁴¹⁹

⁴⁰⁷ Saarelainen & Makkonen 2008 <https://www.doria.fi/handle/10024/146430>

⁴⁰⁸ Molarius ym. 2010 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VT-R-2672-10.pdf>

⁴⁰⁹ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

⁴¹⁰ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴¹¹ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

⁴¹² Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

⁴¹³ Groenemeijer ym. 2016 http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

⁴¹⁴ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

⁴¹⁵ Enei ym. 2011 http://www.weather-project.eu/weather/downloads/Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf

⁴¹⁶ Saarelainen & Makkonen 2008 <https://www.doria.fi/handle/10024/146430>

⁴¹⁷ Lindgren ym. 2009 <https://bit.ly/2O1NITr>

⁴¹⁸ Nemry & Demirel 2012 <ftp://s-ircsvqpx101p.jrc.es/pub/EURdoc/JRC72217.pdf>

⁴¹⁹ Network Rail 2015 https://cdn.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/Climate-Change-Adaptation-Report-2015_FINAL.pdf

Haasteelliset olosuhteet merenkulussa lisääntyvät

Merenkulku altistuu sääolosuhteille jatkuvasti, mutta Suomen merenkulun osalta uutta Sorvalin (2013)⁴²⁰ jälkeistä tutkimustietoa sää- ja ilmatoriskeitä on niukasti saatavilla. **Voi daan yhä olettaa, että merenkulku hankaloituu (ahtojäät ja sohjoyöt) ja huonot keliolosuhteet lisääntyvät, kun ilmastonmuutos etenee.** Navigoinnille aiheuttavat haasteita erityisesti myrskytuulet, korkea aallokko, rankkasateet, lumipyryt, meriveden pinnan nopeat muutokset,⁴²¹ alhainen lämpötila ja kova tuuli,⁴²² sumu⁴²³ sekä merenpinnan nousun myötä tapahtuva sedimenttikerrosten ja matalikkojen sijainnin muuttuminen⁴²⁴. Ilmastonmuutoksen myötä merenkulun sää- ja ilmatorisken hallinnassa huomioon otettavia vaaratekijöitä ovat myös jääpeitteen muuttuminen⁴²⁵ ja merenpinnan nousu⁴²⁶. Esimerkiksi Itämeren jääpeitteen maksimilaajuus ja ankarien jäätalvien todennäköisyys pienenevät vuoteen 2050 samalla, kun leudot ja erittäin leudot jäätalvet yleistyvät⁴²⁷. Jäänpaksuus puolestaan vähenee 30–40 cm vuoteen 2060 mennessä⁴²⁸. Toteutuessaan sää- ja ilmatoriskeitä aiheuttavat kustannuksia merenkululle ja sisävesiliikenteelle⁴²⁹. Sääolosuhteiden takia merenkulussa voi olla tarpeen liikkua tavallista hitaampaa nopeutta,⁴³⁰ mikä on turvallisuuden kannalta tärkeää, mutta saattaa vaikuttaa esimerkiksi tavarakuljetusten kustannuksiin ja täsmälisyyteen. Tällä puolestaan on edelleen vaikutusta muihin toimialoihin.

Suomen merenkulun haavoittuvuutta säälle ja ilmastolle ei ole juuri tutkittu, mutta Vuonna 2009 silloinen Merenkululaitos tarkasteli omien prosessiensa haavoittuvuutta ilmastonmuutokselle ja sopeutumisen edellyttämiä toimenpiteitä⁴³¹. Satamien osalta tutkittua tietoa on hyvin vähän saatavilla, mutta esimerkiksi Selkämeren satamissa on jo korotettu laiturialueita ja tarkistettu alueviemärointiä varautumistoimenpiteinä⁴³² ja HaminaKotkan sataman rakentamisessa on otettu huomioon meritulvavaara mm. viemäroinnin suunnittelussa⁴³³. Euroopassa satamien sulkeminen voi joskus tulla kyseeseen,⁴³⁴ mutta kotimaista tutkimustietoa asiasta ei ole.

Lentoliikenteen sää- ja ilmatoriskeit

Sää ja ilmasto ovat ilmailussa oleellisia, sillä noin 70–80 % lentoliikenteen myöhästymisistä on sään aiheuttamia⁴³⁵. Sorvali (2013)⁴³⁶ **tiivittää ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset lentoliikenteelle kahteen pääasiaan: lentoliikenne hankaloituu ja huonot keliolosuhteet lisääntyvät.** Lentoliikenteen osalta uutta kotimaista sää- ja ilmatorisken tutkimusta ei juuri ole, lukuun ottamatta hulevesien hallintaa lentokentillä⁴³⁷. Suomessa haasteita lentokenttien ylläpitoon ja operointiin aiheuttavat erityisesti talviolosuhteet, mikä heijastuu lentoliikenteen sujuvuuteen ja edelleen turvallisuuteen. Esimerkiksi kiitoteiden liukkaus ja lämpötilavaihtelut aiheuttavat työtä lentokenttähenkilöstölle⁴³⁸. Lumenpoisto kiitoteiltä vie

⁴²⁰ Sorvali 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

⁴²¹ Merenkululaitos 2009 <http://www.doria.fi/handle/10024/142053>

⁴²² Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

⁴²³ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴²⁴ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

⁴²⁵ Luomaranta ym. 2010 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/24433>

⁴²⁶ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

⁴²⁷ Luomaranta ym. 2010 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/24433>

⁴²⁸ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴²⁹ Enei ym. 2011 http://www.weather-project.eu/weather/downloads/Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf

⁴³⁰ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴³¹ Merenkululaitos 2009 <http://www.doria.fi/handle/10024/142053>

⁴³² Viljanen 2011 http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/raportit/muutuva_selkameri.pdf

⁴³³ Jarva & Nuottimäki 2014 http://lupa.gtk.fi/raportti/arkisto/91_2014.pdf

⁴³⁴ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

⁴³⁵ Lehtonen & Lång 2017 <https://atmoslehti.fi/saa/ilmastonmuutos-vaikuttaa-mvos-lentoliikenteeseen/>

⁴³⁶ Sorvali 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

⁴³⁷ opinnäytetyö, Viitanen 2015 <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tyy-201510221688>

⁴³⁸ Finavia 2017 <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/tutustu-pohjoisen-sankareihin-he-huolehtivat-etta-lentoliikenne-lappiin-sujuu>

aikaa ja rajoittaa lentojen määrää. Viilkaasti liikennöidyillä kentillä tämä johtaa lentojen viivästymisiin ja peruutuksiin. Kaiken kaikkiaan tunnistettuja säähän ja ilmastomuutokseen liittyviä vaaratekijöitä lentoliikenteelle ovat rankkasateet, sadannan kasvu ja hulevesien lisääntyminen, ⁴³⁹ sumu, lumi, tuuli ja ukkonen, ⁴⁴⁰ kuumuus, lumimyrsky ja jäätävä sade ⁴⁴¹. Lentoliikenteessä ilman lämpeneminen pienentää lentokoneen kokemaa nostetta, minkä vuoksi lentokoneiden painoa saatetaan rajoittaa ja jopa matkustajia jättää pois kyydistä ⁴⁴². Kuumuudella voi olla vaikutusta myös lentokenttien infrastruktuuriin. ⁴⁴³ Ilmastomuutos muuttaa yläilmakehän suihkuvirtausten sijaintia ja voimakkuutta, mutta tällä ei nykytiedon mukaan ole suurta vaikutusta esim. Atlantin yli kulkevaan lentoliikenteeseen. ⁴⁴⁴

Lentoliikenteen haavoittuvuuteen vaikuttaa lentoliikenteen määrä ⁴⁴⁵. Hankalissa sääolosuhteissa lentäjien ja muun henkilöstön ammattitaito on tärkeää. Toteutuessaan sääriskit aiheuttavat lentoliikenteen myöhästymistä ja peruutuksia ⁴⁴⁶ ja lisätöitä henkilöstölle ⁴⁴⁷. Liukkaiden olosuhteiden arvioidaan tulevaisuudessa lisääntyvän, mikä puolestaan lisäänee liukkaudentorjunta-aineiden käyttöä.

Kiitoratojen ja infrastruktuurin tulvavauriot ovat mahdollisia, kun hulevesien määrä ylittää viemärikapasiteetin ja kiitoteiden kuivatusjärjestelmien kuormittuvat ⁴⁴⁸. **Hulevesiverkostojen välityskapasiteetin riittämättömyys saattaakin pidemmällä aikavälillä aiheuttaa tarvetta rakenteellisille sopeutumistoimille**, kuten putkikokojen kasvattamiselle ja ylivuoreittien lisäämiselle ⁴⁴⁹.

Logistiikan sää- ja ilmastoriskit heijastuvat muille toimialoille

Logistiikan eri vaiheet ovat alttiita sääolosuhteille, koska materiaalien liikuttaminen paikasta toiseen tapahtuu liikennejärjestelmässä. Edellä kuvatut liikenteen sää- ja ilmastoriskit vaikuttavat siksi myös logistiikkaan ja heijastuvat logistiikan kautta moniin muihin toimialoihin. Erityisesti merenkulku ja merikuljetukset linkittyvät tiukasti logistiikkaan, sillä ne ovat tärkeitä Suomen ulkomaankaupalle ja talouskehitykselle ⁴⁵⁰.

Sää- ja ilmastoriskien takia logistiikkaketjussa voi syntyä tappioita toimittamattomista ja viivästyneistä rahdeista ja tuotteista, ja materiaaleille voi syntyä vaurioita ⁴⁵¹. Ilmastomuutoksella ja sen hillinnällä on vaikutuksia infrastruktuuriin, kuljetuskysyntään ja kuljetusketjuihin, esim. metsä- ja elintarviketalouden toimitusketjuihin ja tiekuljetusten turvallisuuteen ⁴⁵². Myös varastointiolosuhteet tulevat vaativimmiksi ilmastomuutoksen myötä. Lisääntynyt kosteus ja lämpötilan nousu lisäävät mikrobien säilymisen ja lisääntymisen riskiä varastoissa, ja erityisesti kosteuden lisääntyminen aiheuttaa elintarvikkeille pilaantumisen riskiä ⁴⁵³. Tavallista kylmemmät ja lämpimämmät olosuhteet puolestaan vaativat esimerkiksi herkkien elintarvikkeiden käsittelyltä ja varastoinnilla varotoimenpiteitä, jotta tuotteet eivät pilaannu.

⁴³⁹ Viitanen 2015 <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ttv-201510221688>

⁴⁴⁰ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

⁴⁴¹ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴⁴² Lehtonen & Lång 2017 <https://atmoslehti.fi/saa/ilmastonmuutos-vaikuttaa-myos-lentoliikenteeseen/>

⁴⁴³ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

⁴⁴⁴ Irvine ym. 2016 <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.04.014>

⁴⁴⁵ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

⁴⁴⁶ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

⁴⁴⁷ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

⁴⁴⁸ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

⁴⁴⁹ Viitanen 2015 <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ttv-201510221688>

⁴⁵⁰ Maa- ja metsätalousministeriö 2005 <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>

⁴⁵¹ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

⁴⁵² Salanne ym. 2010 <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78186>

⁴⁵³ Molarius ym. 2010 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>

Kaiken kaikkiaan kuljetusvarmuus mahdollisesti heikkenee ja kustannukset menetetystä ajasta kasvavat ilmastomuutoksen takia. ⁴⁵⁴

Logistiikka on myös erittäin haavoittuvainen ilmastomuutoksen heijastevaikutuksille ⁴⁵⁵. Esimerkiksi keväällä 2018 poikkeukselliset sää- ja lumiolosuhteet Euroopassa lisäsivät toimitusten viivästymisriskiä. Yhtenä ilmastomuutoksen hillintätoimien aiheuttamana heijastevaikutuksena voidaan pitää merenkulun kansainvälisestä ilmasto- ja ympäristösääntelystä aiheutuvaa logistiikkakustannusten nousua, joka lopulta kohdistuu Suomen elinkeinoelämälle, erityisesti metalli-, metsä- ja kemianteollisuudelle ⁴⁵⁶.

Logistiikkaketjuun kohdistuvia sää- ja ilmastoriskejä voidaan hallita esimerkiksi kuljetusketjujen suunnittelun ja aikataulutuksen kautta, ottamalla huomioon sääolosuhteet ja niiden mahdollinen muuttuminen.

Tietoliikenteen sää- ja ilmastoriskit

Tietoliikenne- ja sen toiminnan mahdollistava sähköverkko altistuvat erityisesti myrskyille ja rajuilmoille. Myös salamointi saattaa aiheuttaa häiriöitä ja vaurioittaa laitteita. Kovan tuulen seurauksena voi ilmetä tietoliikennejärjestelmien häiriöitä. Häiriöt ovat usein seurausta sähköjen jakelun katkoksisista esim. sähkölinjoille kaatuneiden puiden takia ⁴⁵⁷. Tietoliikenneverkossa on varavoimajärjestelmiä, mutta tietoliikenteeseen heijastuvat silti sähköjakelun häiriöt (ks. 4.2.1). Se osa tietoliikenteestä, joka kulkee satelliittien välityksellä, ei ole kovin altis sääolosuhteille ⁴⁵⁸.

Moni toiminto on nykyisin riippuvainen tietoliikenteen toimivuudesta, ja siksi sääriskeillä voi olla olennaisesti vaikutusta palveluiden toimitusvarmuuteen ⁴⁵⁹. Ilman sopeutumistoimia vauriot ilmajohtoverkoille ja katkokset maakaapeleissa lisääntyvät ilmastomuutoksen myötä. Lisäksi vikojen korjaamisesta ja niihin varautumisesta aiheutuu lisäkustannuksia. ⁴⁶⁰ Tietoliikenteen häiriöt voivat heijastua myös muiden toimialojen toimintaan. Esimerkiksi vuoden 2010 rajuilmojen aiheuttamilla tietoliikennejärjestelmien häiriöllä oli välillisesti vaikutusta myös vesihuoltoon ⁴⁶¹.

Ilmastomuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia (2005)⁴⁶² mainitsee **tietoliikenteen haavoittuvuuteen liittyviä tekijöitä**, kuten matkapuhelinkäyttäjien ja internetin käyttäjien osuuden väestöstä, sähköverkon tyyppin (esim. ilmajohtoverkot) sekä yhteiskunnan toimintojen riippuvuuden tietoliikenneverkosta. Näiden lisäksi myös järjestelmien vikasietoisuuden varalaitteet ja varavoimakoneet vaikuttavat tietoliikenteen haavoittuvuuteen ⁴⁶³.

Luvun 3.2.4 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

⁴⁵⁴ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

⁴⁵⁵ Hilden ym. 2016 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

⁴⁵⁶ Repka ym. 2017 <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=21102>

⁴⁵⁷ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

⁴⁵⁸ Maa- ja metsätalousministeriö 2005 <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>

⁴⁵⁹ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

⁴⁶⁰ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

⁴⁶¹ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

⁴⁶² Maa- ja metsätalousministeriö 2005 <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>

⁴⁶³ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

3.2.5 Rahoitus- ja vakuutustoiminnan sää- ja ilmatoriskit

Rahoitussektorin altistuu riskeille investointien ja sijoitustoiminnan kautta

”Rahoitusjärjestelmän keskeisenä tehtävänä taloudessa on kanavoida rahoitusta säästäjiltä, joiden menot ovat pienemmät kuin tulot, rahoituksen tarvitsijoille, jotka haluavat kuluttaa tai investoida enemmän kuin ansaitsevat. Rahoitusjärjestelmän avulla säästäjät voivat siis lainata varoja rahoituksen käyttäjille. Rahoitusta välitetään pankkien ja muiden luottolaitosten kautta sekä suoraan markkinoilla laskemalla liikkeeseen arvopapereita. Rahoituksen tehokas kohdentuminen ja rahoitusjärjestelmän vakaus edesauttavat taloudellista kasvua ja hyvinvointia.” (Suomen Pankki)⁴⁶⁴

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit talouskasvulle ja rahoitusvakaudelle ovat saaneet keskuspankit kiinnostumaan aiheesta ^{465 466 467}. Suomen ja EU:n rahoitusvakauden yhtenä kivijalkana on Euroopan keskuspankkijärjestelmä (EKPJ) sekä Euroopan keskuspankki (EKP) ja Suomen Pankki sen osana. Vaikka EKP:n ensisijainen tehtävä on hintavakauden ylläpitäminen euroalueella, sen on otettava huomioon myös rahoitusjärjestelmän vakaus, tosin alisteisena hintavakauden ylläpitämisen tavoitteelle. Rahoitusjärjestelmän vakaudella tarkoitetaan rahoitusjärjestelmän ja siinä toimivien laitosten vakautta siten, että pääomat suuntautuvat tehokkaasti eikä järjestelmässä esiinny kriisejä. Hintavakaudella sen sijaan tarkoitetaan tilaa, jossa “yleisen hintatason muutoksia ei tarvitse ottaa huomioon tehtäessä kulutus- ja investointipäätöksiä”, eli vakaassa tilanteessa inflaatio on maltillista ja ennakoitavissa. ⁴⁶⁸

Euroopassa vastuu rahoitusmarkkinoiden vakaudesta on ensisijaisesti kansallisilla mikro- ja makrotason valvontaviranomaisilla. Lisäksi Euroopan järjestelmäriskikomitea valvoo koko EU:n rahoitusjärjestelmän vakautta. On kuitenkin huomattava, että pankkisysteemin ollessa toimintakyvytön keskuspankkien harjoittama rahapolitiikkakaan ei toimi kunnolla. Lisäksi merkittävät pankkikriisit ovat usein yhteydessä syviin talouslamoihin, jotka heikentävät makrotaloudellista vakautta ja vaativat keskuspankeilta rahapoliittisia toimia, kuten korkotason muuttamista.

Suomessa rahoitusjärjestelmän vakautta valvoo Suomen Pankki, joka tekee myös taloudellista tilastointia: “Suomen Pankki vastaa rahoitusjärjestelmän yleisvalvonnasta sekä arvioi rahoitusjärjestelmän riskejä yhdessä Finanssivalvonnan kanssa. Finanssivalvonta puolestaan valvoo mm. pankkeja, vakuutus- ja eläkeyhtiöitä sekä muita vakuutuslalla toimivia, sijoituspalveluyrityksiä, rahastoyhtiöitä ja pörssiä. Makrovakauserävalvonnan avulla tunnistetaan rahoitusjärjestelmän vakautta uhkaavia riskejä. Suomen Pankki tekee perusteellista makrovakauseräanalyysiä sekä ylläpitää kriisinhallinnan valmiuksia. Tarvittaessa Suomen Pankki hoitaa pankkien hätärahoituksen. Suomen Pankissa tehtävä taloustilastointi tukee keskuspankin tehtäviä niin rahapolitiikassa kuin rahoitusmarkkinoiden vakauseräanalyysissa.” ⁴⁶⁹

EKP tukee myös Euroopan yhteisön yleisten tavoitteiden saavuttamista: korkean työllisyyden, kestäväen ja ei -inflatorisen talouskasvun. Tämä ei kuitenkaan saa rajoittaa hintatason vakauden tavoitetta. ⁴⁷⁰ Siten on perusteltua väittää, että **EKP:n ja Suomen Pankin, tulisi**

⁴⁶⁴ Suomen Pankki <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahoitusvakaus/rahoitusjarjestelma-lyhyesti/>

⁴⁶⁵ Stern 2016 http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/03/160309_BIS_slides_final_for_websites.pdf

⁴⁶⁶ PRA 2016 <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/publication/impact-of-climate-change-on-the-uk-insurance-sector.pdf>

⁴⁶⁷ Regelink ym. 2018 https://www.dnb.nl/en/binaries/Waterproof_tcm47-363851.pdf?201711061

⁴⁶⁸ Suomen Pankki <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahapolitiikka/hintavakaus/>

⁴⁶⁹ Suomen Pankki <https://www.suomenpankki.fi/fi/suomen-pankki/tehtavat/>

⁴⁷⁰ Euroopan keskuspankki <https://www.ecb.europa.eu/ecb/tasks/html/index.fi.html>

ottaa huomioon ilmastonmuutoksen vaikutukset talouskasvuun, työllisyyteen sekä rahoitusvakauteen.

Rahoitussektori altistuu ilmastonmuutoksen aiheuttamille riskeille pääosin sijoitus-
toiminnan kautta. Rahoitussektorin toimijoille koituva riski on siten riippuvainen nii-
den sijoitusportfolioista eli siitä, miten sijoitukset jakautuvat eri omaisuuseräluokkien (as-
set), talouden sektoreiden ja yritysten välillä. Merkittävä kysymys rahoitussektorille riskien
osalta onkin, miten suuri riski ilmastonmuutoksella on investointiportfoioihin ja milloin riski
realisoituu.⁴⁷¹ Ilmastonmuutoksen vaikutukset tuntuvat suoraan eri talouden sektoreilla,
mikä heijastuu omaisuuseräluokkiin, kuten öljyvarantoihin tai kiinteistöihin. **Riski ulottuu**
myös pankkien lainanantoon, sillä samoin kuin sijoitukset voivat menettää arvonsa, myös
luottoa saaneet yritykset voivat ajautua maksukyvyttömiksi. Siten luottoa saaneiden yritys-
ten kokeman riskin ymmärtäminen on myös tärkeää. Ongelmana kuitenkin tällä hetkellä on,
että yksityisen sektorin ei tarvitse julkistaa kohtaamaansa ilmastonmuutoksen aiheuttamaa
riskiä. Tilanne on kuitenkin paranemassa EU:n ja muiden kansainvälisten aloitteiden myötä.
Tätä käsitellään tarkemmin myöhemmin tässä luvussa.

EU:ssa rahoitussektori on viime aikoina kiinnittänyt huomiota ilmastonmuutoksen hillintään,
ja Suomesta Finanssiala ry (ent. Finanssialan keskusliitto) on osallistunut EU:n korkean ta-
son työryhmän (High-level Expert Group on Sustainable Finance⁴⁷²) toimintaan. Euroopan
komissio on lisäksi julkaissut Kestävän rahoituksen toimenpidesuunnitelman⁴⁷³, jolla komis-
sio pyrkii muun muassa määrittämään kestäväan rahoitukseen liittyviä käsitteitä sekä tuo-
maan keinoja edistää sitä. Ilmastonmuutoksen aiheuttamia riskejä rahoitusosalalle on kuiten-
kin selvitetty kansainvälisestikin varsin vähän (poikkeuksena Alankomaissa tehty selvi-
tys⁴⁷⁴), eikä Suomessa ole asiaa juurikaan tarkasteltu. Lisäksi pankkien ja muiden rahoitus-
laitosten riskienhallinta on pääasiassa niiden oma tehtävä, vaikka sääntely ja valvonta aset-
tavat sille puitteet. Sen vuoksi **tämä arvio esittää yleiskatsauksen rahoitussektorin ris-**
keistä ja pyrkii herättämään keskustelua ilmastonmuutoksen mahdollisesti aiheutta-
mista riskeistä tälle sektorille. Varsinaista arviota Suomen rahoitussektorin kokemille ris-
keille ei tässä voida esittää, sillä riskien arviointi vaatisi tarkkoja aineistoja eri rahoituslaitos-
ten laina- ja sijoitustoiminnasta. Suomalaisten pankkien lainananto on pääasiassa koti-
maassa tapahtuvaa, mutta muu rahoitustoiminta tapahtuu globaaleilla investointimarkki-
noilla. Siten **rahoitussektori lainanantoa lukuun ottamatta altistuu samankaltaisille il-**
mastonmuutoksen aiheuttamille riskeille kuin muut länsimaiset rahoituslaitokset. Si-
joitusportfolio ja -strategia lopulta paljolti määrittävät, miten paljon yksittäinen rahoituslaitos
altistuu ilmastonmuutoksen vaikutuksille.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit yksityiselle sektorille on jaoteltu kahteen luok-
kaan: 1) siirtymäriskit (Transition risks) ja 2) fyysiset riskit (Physical Risks). Luokittelu
on tehty Financial Stability Boarding (FSB) Climate-related Financial Disclosures (TCFD)
työryhmän vuonna 2017 julkaisemassa raportissa, joka on tähän mennessä merkittävin
avaus kansainvälisestä ilmatoriskien raportoinnista yksityisellä sektorilla.⁴⁷⁵

Transitio- eli siirtymäriskit aiheutuvat pääasiassa omaisuuserien hinnan muutoksista, jotka
johtuvat hiilineutraalimpaan yhteiskuntaan siirtymisestä. Siirtymäriskit vaikuttavat yritysten
tulokseen (Income statement) tulojen (*revenues*) ja kustannusten (*expenditures*) mahdoli-

⁴⁷¹ Mercer 2015 <https://www.mercer.com/content/dam/mercer/attachments/global/investments/mercer-climate-change-report-2015.pdf>

⁴⁷² European Commission: High-level Expert Group on Sustainable Finance https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_en#hleg

⁴⁷³ Euroopan komissio 2018 [COM/2018/097 final](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/com_m2018_097)

⁴⁷⁴ Regelink 2018 https://www.dnb.nl/en/binaries/Waterproof_tcm47-363851.pdf?2017111061

⁴⁷⁵ TCFD 2017 <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>

sen muuttumisen myötä. Ilmastonmuutos voi vaikuttaa myös yritysten taseeseen muuttamalla yritysten omaisuuseräluokkien ja velkojen (assets & liabilities) arvostusta tai rahoituksen saannin (Capital & Financing) kautta.

Siirtymäriskit voidaan jakaa tarkemmin poliittisiin, teknologisiin ja yleisemmin markkinoilla tapahtuviin muutoksiin joita vaaditaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumisiksi. Lisäksi yritykset voivat kohdata oikeudellisen riskin tai niiden maine voi kärsiä:

- Poliittiset ja sen myötä lainsäädännölliset riskit liittyvät ilmastonmuutoksen hillintä- ja sopeutumispoliittikan toteuttamiseen aiheuttamiin riskeihin rahoitussektorilla. Esimerkiksi hiilen hinnoittelumeکانismit, vähäpäästöisten energialähteiden ja energiatehokkuuden tukeminen tai tarkemman ilmastoraportoinnin vaatiminen aiheuttanevat rahoitusmarkkinoihin kohdistuvia vaikutuksia (kuvion Financial Impact). Näitä ovat pääasiassa eri syistä johtuva varallisuuden ja hyödykkeiden arvostuksen, hintojen ja kustannusten muuttuminen. Tämä voi näkyä esimerkiksi hiili- ja öljy-sektorin arvostuksessa ⁴⁷⁶.
- Teknologiset riskit aiheutuvat ilmastonmuutoksen hillintää tehostavan teknologisen kehityksen aiheuttamista muutoksista markkinoilla. Riskejä aiheuttavat vanhojen teknologioiden korvaaminen uusilla, epäonnistuneet investoinnit ja muut vähähiiliseen kehitykseen liittyvät kustannukset. Näiden rahoitussektorille aiheuttamia vaikutuksia (kuvion Financial Impact) on esimerkiksi olemassa olevien investointien suunniteltua aikaisemmin tehdyt alaskirjaukset tai muutokset tuotteiden ja palveluiden kysynnässä ja tarjonnassa. Tämä näkyy myös hiili- ja öljy-sektorin arvostuksessa ⁴⁷⁷. Teknologisen kehityksen vauhti ja käyttöönotto aiheuttavat kuitenkin merkittävän epävarmuuden tämän riskin arviointiin.
- Markkinariskit liittyvät yleisemmällä tasolla siihen, miten markkinat (kuluttajat ja tuottajat) ottavat ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit huomioon. Tämä voi johtaa muutoksiin joidenkin hyödykkeiden, tuotteiden ja palveluiden kysynnässä ja tarjonnassa esimerkiksi kuluttajien mieltymysten muuttuessa tai tuotantokustannusten kasvassa.
- Oikeudelliset riskit aiheutuvat siitä, että yrityksiä haastetaan oikeuteen. Tämä voi tapahtua, mikäli ne eivät ole pyrkineet hillitsemään ilmastonmuutosta, eivät ole sopeutuneet riittävästi sen vaikutuksiin tai eivät olet julkistanut niihin kohdistuvia ilmatoriskejä riittäväällä tarkkuudella.
- Maineriskiä aiheutuu, mikäli kuluttajien tai muiden sidosryhmien käsitys sektorista tai yrityksestä muuttuu esimerkiksi siksi, että yritys ei hillitse ilmastonmuutosta riittävästi. Tämä johtaa alhaisempiin tuottoihin.

Fyysiset riskit jaetaan äkillisiin ja kroonisiin riskeihin. Äkilliset riskit johtuvat käytännössä tuhoa aiheuttavien sääilmiöiden ja katastrofien suorista vaikutuksista. Krooniset riskit syntyvät ilmaston pitkäaikaisista muutoksista, jotka aiheuttavat esimerkiksi merenpinnan nousua tai pitkiä, haitallisia helleaaltoja. Näillä voi olla samankaltaisia vaikutuksia rahoitussektorille kuin siirtymäriskeillä, mikäli katastrofi vaikuttaa yritysten ja kotitalouksien taloudelliseen tilanteeseen tai esimerkiksi lainamarkkinoihin.

Katastrofin vaikutukset riippuvat merkittävästi siitä, onko vahingon kohde vakuutettu. Vakuutettujen kohteiden vahingoilla on luonnollisesti seurauksia myös vakuutussektorille. **Suurimmat vaikutukset rahoitusmarkkinoiden vakaudelle ja talouden kehitykselle tulevat kuitenkin vakuuttamattomista tappioista.** Vakuuttamattomiin kohteisiin osuvat vahingot voivat kaksin- tai kolminkertaistaa alkuperäisesti vahingosta johtuen toimijoiden puutteellisesta

⁴⁷⁶ Mercer 2015 <https://www.mercer.com/content/dam/mercer/attachments/global/investments/mercer-climate-change-report-2015.pdf>

⁴⁷⁷ Mercer 2015 <https://www.mercer.com/content/dam/mercer/attachments/global/investments/mercer-climate-change-report-2015.pdf>

kyvystä toipua vahingoista ⁴⁷⁸. Osa vakuuttamattomista tappioista saattaa tulla pankeille, esimerkiksi silloin kun katastrofi vaikeuttaa lainojen takaisinmaksua ja/tai lainan vakuutena olevaa reaaliomaisuutta.

Tieto ilmatoriskeistä turvaa rahoitussektorin vakautta muuttuvassa ilmastossa

Economist Intelligence Unitin (2017)⁴⁷⁹ mukaan **ilmastonmuutoksen edetessä tärkein rahoitusvakautta turvaava toimenpide on yritysten ja muiden organisaatioiden ilmatoriskien julkistaminen**. Tiedon julkistamisella poistetaan epäsymmetristä informaatiota yritysten johdon ja sijoittajien välillä,⁴⁸⁰ sillä ilmatoriskien julkistaminen johtaa siihen, että ilmatoriski heijastuu paremmin varojen ja hyödykkeiden hintoihin ja siten vähentää markkinoiden epävakautta. Raportoinnin tulisi kattaa myös muut ilmastonmuutokseen liittyvät tekijät ja riskit kuin kasvihuonekaasupäästöjen määrän, joka on tällä hetkellä pääasiallisin yritysten raportoima ilmastonmuutostekijä. Maailman- tai Euroopan laajuisia yhtenäisiä käytäntöjä, mittausmenetelmiä tai valvontaa ilmatoriskien julkistamiseen ei kuitenkaan ole. Kuten edellä todettiin, FSB:n työryhmän aloite⁴⁸¹ standardoidusta ilmatoriskien julkistamisesta oli avaus sille, että rahoitusmarkkinat saisivat paremmin informaatiota eri toimijoiden ilmatoriskeistä.

Stressitesteissä arvioidaan kuvitteellisen skenaarion avulla, kuinka altistunut rahoitussektori on ilmastonmuutoksen aiheuttamille riskeille ^{482 483 484}. **Keskuspankit voivat stressiteillä arvioida rahoitusjärjestelmän kriinkestävyyttä sekä siirtymä-, että fyysisiä riskejä vastaan ja mahdollisesti luoda toimia, joilla kestävyyttä parannetaan.**

Vihreällä rahoituksella (Green finance) rahoitetaan investointeja, jotka ovat sekä taloudellisesti kestäviä että ympäristöystävällisiä. Euroopan komission toimenpidesuunnitelmassa⁴⁸⁵ on yksi kohta vihreiden joukkolainojen (Green bond) määritelmästä EU:ssa sekä green label -sijoitustuotteet. **Keskuspankit voivat tukea rahoitusjärjestelmää arvioimalla ilmastonmuutoksen riskejä.**

Vakuutussektorilla on keskeinen rooli riskienhallinnassa

Vakuutus on menetelmä, jolla yksilölle, yritykselle tai muulle toimijalle kestävämmät riskit jaetaan suuren joukon kannettavaksi tilastollisesti laskettuina maltillisina vakuutusmaksuina. Vakuutustoiminta tulee nähdä osana riskienhallintaa, jossa pyritään ensin riskien estämiseen ja rajoittamiseen ja tämän jälkeen taloudellisen riskin jakamiseen edellä mainitulla vakuutustekniikalla. Vakuutus jaetaan yleensä toisaalta henki- ja eläkevakuutukseen ja toisaalta vahinkovakuutukseen. Henki- ja eläkevakuutuksessa vakuutetaan riskiä kuolemisen osalta (tai eläkevakuutuksessa pitkän elämän varalta, ts. säästöt eivät riitä, kun elinaika jatkuu keskimääräistä pitempään). Vahinkovakuutuksessa vakuutus otetaan esimerkiksi tulipalon tai myrskyn varalta. Vahinkovakuutus voi koskea myös tapaturmia, jolloin vakuutettuna on henkilö. Oma vakuutustoiminnan lajinsa on jälleenvakuutus, jossa (ensi-)vakuutuksen myöntänyt vakuuttaja ottaa itselleen vakuutuksen niiden riskien osalta, joiden kantamiseen omat voimavarat eivät riitä. ^{486 487}

⁴⁷⁸ von Peter ym. 2012 <https://www.bis.org/publ/work394.pdf>

⁴⁷⁹ EIU 2017 https://www.eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/LON%20-%20RF%20-%20report%20on%20climate%20change%20WEB_0.pdf

⁴⁸⁰ EIU 2017 https://www.eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/LON%20-%20RF%20-%20report%20on%20climate%20change%20WEB_0.pdf

⁴⁸¹ TCFD 2017 <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>

⁴⁸² mm. Garman & Fox-Carney 2015 <https://www.ippr.org/files/publications/pdf/known-unknowns-hidden-threats-climate-risks-nov2015.pdf?noredirect=1>

⁴⁸³ ESRB 2016 https://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf

⁴⁸⁴ Farid ym. 2016 <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1601.pdf>

⁴⁸⁵ Euroopan komissio 2018 [COM/2018/097 final](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/COM_2018_097_final)

⁴⁸⁶ Kivisaari Esko, henkilökohtainen tiedonanto

⁴⁸⁷ Lisäksi Kivisaari & Rantala, 2014 <https://www.actuary.fi/julkaisut/asiantuntijoilta/vakuutusoppi-2014>

Vakuutustoiminnalle on tyypillistä, että vakuutusmaksut kerätään etukäteen ja ne odottavat vakuutusyhtiössä siihen asti, kunne maksetaan korvauksina. **Odotusaikana rahat sijoitetaan, jolloin vakuutusyhtiö altistuu samanlaisille ilmastonmuutoksen aiheuttamille riskeille kuin muukin rahoitussektori** Vakuutustoiminnan keskeinen ero sijoittajana muihin rahoittajiin nähden on, että vakuutusyhtyksellä rahat ovat sijoitettavissa tyypillisesti muita sektoreita pitkäaikaisemmin. Varsinaisen vakuutustoiminnan osalta vakuutussektorin tilanne Suomessa on ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien osalta eri kuin rahoitussektorin, sillä suomalaiset vakuutusyhtiöt vakuuttavat pääasiassa kotimaan toimintoja.

Toisin kuin monissa muissa EU-maissa, Suomessa valtio ei korvaa poikkeavista sääolosuhteista aiheutuneita vahinkoja lainkaan. Siten yksityisen vakuutussektorin altistuminen ilmastonmuutoksen vaikutuksille on Suomessa korkeampi. Poikkeuksellisten tulvien aiheuttamia rakennus- ja irtaimistovahinkoja on korvattu vuoden 2014 alusta alkaen vain kotivakuutuksiin kuuluvasta tulvaturvasta. Samoin maatalouden satovahinkojen korvaamisessa on siirrytty valtion rahoittamasta korvausjärjestelmästä vakuutus pohjaiseen järjestelmään vuoden 2016 alusta lähtien.

Ilmastonmuutosta ja vakuutussektoria on yleisellä tasolla esitelty sekä Ilmasto-opas.fi-sivuston artikkelissa Vakuutusala on altis ilmastonmuutoksen vaikutuksille⁴⁸⁸ että vuonna 2012 julkaistussa Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? - yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla-raportissa⁴⁸⁹. Samoin kuin rahoitussektorilla, vakuutussektorin riskien arviointi ja hallinta ovat pääasiallisesti sektorin omissa käsissä, ja julkishallinto voi vaikuttaa siihen sääntelyllä ja valvonnalla. **Vakuutusyhtiöiden ilmastonmuutoksesta aiheutuva riski riippuu muuttuvan ilmaston ja sen lisäämän epävarmuuden lisäksi vakuutuskattavuudesta sekä vakuutussopimuksien pituudesta ja muista vakuutusehdoista.**

Sääilmiöt näkyvät Suomessa vahinkovakuutuksissa merkittävästi. Esimerkiksi vuoden 2010 rajuilmoista aiheutui merkittäviä vahinkoja: ”Vahinkoyhtiöiden tulosta varjostavat tänä vuonna voimakkaasti kasvaneet vahinkomenot. Alkuvuosi oli vaikea lumen vuoksi, kesällä sattui suurvahinkoja ja myrskysi, marraskuussa tuli aikainen talvi Etelä-Suomeen saakka. Korvauksia arvioidaan maksettavan tänä vuonna 2,3 miljardia euroa, noin 4 prosenttia enemmän kuin viime vuonna, ” todetaan Finanssialan keskusliiton, nykyisen Finanssialan vuoden 2010 vuosiarviossa⁴⁹⁰. **Ilmastonmuutos tulee siten vaikuttamaan omaisuus- ja henkivakuutuksien alaisiin asioihin. Erityisesti ovat kasvaneet myrskyvahingoista maksetut korvaukset.** Vuosina 2010–2016 myrskyvahinkojen korvaussummat ovat keskimäärin selvästi korkeampia kuin vuosien 2003–2009 välillä maksetut korvaukset, joskin viime vuosienkin välillä on suurta vaihtelua, eikä korvaussummien nousu ole lineaarista. Esim. v. 2012 myrskyvahingoista korvattiin 51 milj. euroa, mutta seuraavana vuonna 9,7 milj. euroa.⁴⁹¹

Entistä lämpimämpi ja kosteampi ilmasto uhkaa Suomessa muun muassa kasvattaa rakennusten homevaurioiden kustannuksia ([luku 3.2.2](#)). Äärimmäiset sääilmiöt ja tulvat vahingoittavat materiaalista omaisuutta, niin rakennettua infrastruktuuria kuin luonnonvarojakin, esimerkiksi metsää ja maatalousmaita ([luku 3.1.3](#)). Ilmastonmuutos saattaa lisäksi mahdollistaa uusien tuholaislajien ilmestymisen Suomen luontoon, millä voi olla haitallisia vaikutuksia

⁴⁸⁸ Ilmasto-opas.fi: Vakuutusala on altis ilmastonmuutoksen vaikutuksille <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-artikkeli/9532382f-5ffa-44f1-930e-faf5e5c2016/vakuutusala.html>

⁴⁸⁹ Ruuhela 2012 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-682-0>

⁴⁹⁰ Koivisto 2010 http://www.finanssiala.fi/materiaalit/Arvio_vakuutus_2010.pdf

⁴⁹¹ Finanssiala ry – henkilökohtainen tiedonanto 16.4.2018

esim. metsäalaan. Helteiden yleistyminen lisää lämpökuolleisuutta ja aiheuttaa terveysongelmia etenkin vanhuksille ja pitkäaikaisairaille ([luku 3.2.6](#)). Kylmän aiheuttamat terveysvaikutukset sen sijaan vähenevät ilmastonmuutoksen seurauksena.

Henkivakuutukset ja muut pitkäaikaisiksi tehtävät vakuutus sopimukset saattavat koi-tua vakuutusyhtiöille nykyistä ongelmallisemmiksi, sillä niiden ehtojen muuttaminen sääolosuhteiden ja -riskien muuttuessa ei ole helppoa vakuutusajan aikana. Toisaalta, riskiä arvioitaessa on otettava huomioon, että henkivakuutuksien ehdot ovat haavoittuvimpien ihmisryhmien osalta tiukemmat kuin niiden, joille ilmastonmuutos ei aiheuta merkittä-vää terveydellistä riskiä. Uutta henkivakuutusta ei Suomessa esimerkiksi myönnetä usein kaikkein pahiten kuumarasituksesta kärsiville (yli 75-vuotiaat), joten ilmastonmuutoksen ai-heuttama helteiden yleistymisen riski vakuutusyhtiöille ei ole suuri. Samaan aikaan henkiva-kuutus kallistuu vakuutetun vanhentuessa, joten lisääntyvä helteiden aiheuttama terveysriski otetaan epäsuorasti huomioon vakuutusmaksuissa.

Omaisuuksivahingoissa vakuutuskaudet ovat lyhyempiä kuin henkivakuutuksissa, joten ehtoja voidaan päivittää useammin. Tulvista ja myrskyistä kotitalouksille aiheutuneet omaisuusva-hingot korvataan vakuutusehtojen mukaisesti kotivakuutuksesta. Näiden vakuutusten ehtoja voidaan muuttaa useinkin, mutta **pitkän aikavälin omaisuusvahinkojen arviointi vakuu-tusten hinnoittelua varten voi vaikeutua ilmaston muuttuessa ja aiheuttaa riskejä va-kuutusten kannattavuudelle.** Erityisesti laajat hulevesitulvat esimerkiksi Helsingin kanta-kaupungissa voivat aiheuttaa merkittäviä tappioita vakuutusyhtiöille. Vuonna 2011 Kööpen-haminan keskustassa koettu hulevesitulva aiheutti noin miljardin euron vakuutusvahingot. Toisaalta vakuutusten riskienhallinnassa aikaperspektiivi on pitkä, joten suuria yllätyksiä va-kuutussektorille ei pitäisi tulla. Lisäksi yksittäiset mittavat tuhovuodet eivät pitkällä aikavälillä välttämättä vaikuta vakuutusyritysten kannattavuuteen.

Metsät voidaan vakuuttaa myrskyjen ja metsäpalojen varalta. Suomessa kuitenkin vain alle puolet yksityismetsistä on vakuutettu. Metsissä selvästi yleisin tuhojen aiheuttaja on myrsky⁴⁹², ja Suomeen kohdistuneet matalapainemyrskyt ja rajuilmat ovat näkyneet vakuutusyh-tiöiden tuloksessa. **Myrskyriskin muuttuminen ilmastonmuutoksen vuoksi voi aiheuttaa haasteita vakuutusehtojen laatimiselle ja vakuutustuotteiden hinnoittelulle. Lisäksi metsäpalariski voi kasvaa, ja laajat metsäpalot ovat ilmastollisesti mahdollisia myös Suomessa** ⁴⁹³.

Maatalouden satovakuutuksia ovat Suomessa ottaneet lähinnä suuret maatilat. Sinänsä ky-syntää satovakuutukselle on: kyselyn mukaan lähes puolet maanviljelijöistä ovat kiinnostu-neita satovakuutuksesta. Ostopäätökseen vaikuttaa ensisijaisesti satovakuutuksen hinta-taso. ⁴⁹⁴ Satovahinkovakuutuksen vakuutusehtojen määrittäminen vaikuttaa toisaalta niiden kannattavuuteen vakuutusyhtiöiden näkökulmasta ja toisaalta vakuutuksen hintaan ja sitä kautta sen kysyntään viljelijöiden keskuudessa. Esimerkiksi vuoden 2017 erittäin sateinen kesä aiheutti mittavat satovahingot. Maaseudun tulevaisuuden artikkeliin (18.9.2017) ⁴⁹⁵ mu-kaan pitkään jatkuneita runsaita sateita ei korvattu Suomessa tarjolla olevista satovakuutuk-sista, sillä sateet eivät olleet tilastollisesti harvinaisia tai poikkeuksellisia. Runsaiden pitkään jatkuneiden sateiden kattaminen vakuutuksella nostaisi vakuutuksen hintaa niin paljon, että

⁴⁹² Tapio Oy: Metsätalouden riskien hallinta <http://tapio.fi/metsatietoa/metsatalouden-riskien-hallinta/>

⁴⁹³ Lehtonen 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/192016>

⁴⁹⁴ Liesivaara 2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-326-8>

⁴⁹⁵ Maaseudun tulevaisuus 18.9.2017 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/satovahinkovakuutus-ei-korvaa-kyvim%C3%A4n-kes%C3%A4n-aiheuttamia-menetyksi%C3%A4-1.206017>

viljelijät eivät todennäköisesti ostaisi vakuutusta. Vuoden 2018 alussa pitkään jatkuvat saateet kuitenkin sisällytettiin esimerkiksi LähiTapiolan satovakuutukseen ⁴⁹⁶. Satovakuuttaminen voi kuitenkin olla tappiollista toimintaa vakuutusyhtiöille: Vuonna 2016 OP maksoi sato vahinkovakuutuksista korvauksia ulos enemmän kuin se keräsi maksuja niiden kattamiseksi ⁴⁹⁷. **Satovahinkovakuutukset ovat nuori vakuutuslaji, joten toimivien tuotteiden suunnitteluun vaatii kokemusten ja datan keräämistä.** Satovakuutukset vapautettiin keväällä 2018 24 %:n vakuutusverosta, joten oletettavaa on, että vakuutuksen hinnan laskevissa niiden kysyntä viljelijöiden keskuudessa lisääntyy ja markkinat kasvavat.

Historiallisten tilastojen lisäksi vakuutusyhtiöiden on otettava hinnoittelussaan entistä enemmän huomioon ilmastomallien arvioimat tulevaisuudennäkymät. Vakuutusyhtiöt joutuvat entistä enemmän siirtymään erilaisten tulevaisuusnäkyvien mallintamiseen tiedon saamiseksi. Erityisesti paikallisten ilmastoennusteiden epävarmuus hankaloittaa riskitason arvioimista ⁴⁹⁸. Viime vuosina tapahtuneet rajuilmat ja mittavat metsätuhot ovat herättäneet vakuutussektoria sille, millaisia vahinkoja äärimmäiset sääilmiöt voivat aiheuttaa. **Ilmastonmuutoksen lisäämä riski voi johtaa metsä- tai maatalousvakuutusmaksujen voimakkaaseen nousuun, mikä voi johtaa alhaisempaan vakuutusturvaan ja siten aiheuttaa kasvavaa riskiä maanviljelijöille ja metsänomistajille.**

Vakuutusyhtiöt eivät tällä hetkellä systemaattisesti epää vakuutusta esimerkiksi tulvariskialueille rakennetuilta kiinteistöiltä. Tämä voi kuitenkin muuttua ilmastonmuutoksen myötä, jolloin vakuutusturvan puuttuminen voi vaikuttaa kiinteistöjen arvoon. Tämänkaltainen toiminta lisää siis kiinteistönomistajien riskiä huomattavasti mutta vähentää vakuutusyhtiöihin kohdistuvaa riskiä. Tämä voi johtaa myös siihen, että valtion korvausjärjestelmiä joudutaan harkitsemaan uudelleen. Maailmanlaajuisesti tunnistettu ilmastonmuutoksen aiheuttama riski vakuutusyhtiöille voi olla jälleenvakuutussopimusten maksujen kohoaminen tai sopimussuojan rajoittaminen alueilla, joilla riskit ovat suuret. Tämä on jo näkynyt merkittäväillä katastrofialueilla. Ilmastonmuutos ei kuitenkaan lähivuosina todennäköisesti aiheuta niin merkittävää riskiä Suomelle, että kansainväliset jälleenvakuutusyritykset ryhtyisivät muuttamaan sopimuksiaan suomalaisten yritysten kanssa. Jälleenvakuuttaminen on tärkeä ensivakuutusyhtiöiden riskienhallintakeino. Esimerkiksi vuonna 2010 rajuilmat aiheuttivat Pohjola-vakuutusyhtiölle 20 miljoonan euron korvauskulut, ja Pohjolan vuosikatsauksen mukaan yrityksellä on jälleenvakuutussuoja kaikille yli viiden miljoonan euron suurvahingoille ⁴⁹⁹.

Lisäksi ilmastonmuutoksen aikaansaama **muuttoliike voi pitkällä aikavälillä muuttaa Suomen väestöjakaumaa ja vaikuttaa sitä kautta työeläkevakuutukseen ja myös muuhun sosiaalivakuutukseen.**

Luvun 3.2.5 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

3.2.6 Terveysriskit

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan myös suomalaisten terveyteen monin tavoin, mutta vaikutukset ovat maailmanlaajuisesti tarkastellen keskimääräistä huomattavasti vähäisempiä. Suomessa haitallisia vaikutuksia vähentävät suotuisat ilmastolliset lähtökohdat sekä korkeaan bruttokansantuotteeseen liittyen kehittynyt terveydenhuolto ja muu yhteiskunnallinen infrastruktuuri. Ilmastonmuutokseen liittyvät ilmiöt vaikuttavat suoraan

⁴⁹⁶ Lähitapiola 19.3.2018 <https://www.lahitapiola.fi/tietoa-lahitapiolasta/uutishuone/uutiset-ia-tiedotteet/uutiset/uutinen/1509551417337>

⁴⁹⁷ Maaseudun tulevaisuus 18.9.2017

⁴⁹⁸ Tapio Oy: Metsätalouden riskien hallinta <http://tapio.fi/metsatietoa/metsatalouden-riskien-hallinta/>

⁴⁹⁹ OP-Pohjola. 2011. OP-Pohjola-ryhmän vuosikatsaus 2010 <https://uusi.op.fi/documents/209474/210276/OP-Pohjola-ryhm%C3%A4n+vuosikatsaus+2010.pdf/b81a2915-3851-4f39-99ec-1885ec3ab398>

kansalaisten terveydentilaan, mutta niillä voi olla vaikutusta myös terveydenhuollon toimivuuteen.

Keskeisiä sopeutumistoimia terveyssektorilla ovat:

- kehitetään edelleen terveyden- ja sosiaalihuollon yksiköiden varautumista sään ääri-ilmiöistä aiheutuviin häiriötilanteisiin
- parannetaan kansalaisten tietoisuutta ilmastonmuutoksen aiheuttamista muutoksista terveysriskeissä ja valmiutta reagoida niihin
- seurataan sään ja ilmaston vaikutuksia hyödyntämällä ennen kaikkea ympäristö- ja terveyssektorin olemassa olevia tiedonkeruujärjestelmiä

Toimialan sopeutumispotentiaali on hyvä. On kuitenkin tärkeää huomata, että sopeutumisen tason määrittävät pitkälti toimet muilla toimialoilla, joiden pitää siksi ottaa huomioon myös toimintansa kytkökset kansanterveyteen. Väestön herkkyyttä ilmastonmuutoksen vaikutuksille lisää tulevaisuudessa ikääntyminen sekä kroonisten sairauksien yleistyminen ja joidenkin vaikutusten osalta myös kaupungistuminen. Muuttuvan ilmaston vaikutusten lisäksi myös ilmastonmuutoksen torjuntatoimet vaikuttavat suomalaisten terveydentilaan, mutta torjuntatoimien vaikutukset on tässä raportissa rajattu käsittelyn ulkopuolelle.

Ilmastonmuutoksen on arvioitu vaikuttavan Suomessa etenkin seuraaviin terveysriskeihin: helteen aiheuttamat terveyshaitat, vesiepidemiat, vektorivälitteiset infektiosairaudet, liukastumistapaturmat ja rakennusten kosteusvaurioihin liittyvät sisäilmaongelmat. Näiden terveysriskien kohdalla on arvioitu täyttyvän ainakin kaksi seuraavista ehdoista: vaikutukset ovat yleisiä, vaikutukset ovat yksilötasolla vakavia (jopa henkeä uhkavia) ja sopeutumistoimilla on suuria kustannusvaikutuksia. Asiantuntija-arvioon sisältyy monia epävarmuuksia, sillä ilmastonmuutoksen vaikutuksia terveyteen Suomessa on tutkittu vain vähän, eikä määrällisiä arvioita vaikutuksista yleensä ole saatavilla. Keskeisiksi arvioituja riskejä käsitellään ensin, muut riskit (lista ei ole kaikenkattava) esitellään sitten lyhyesti.

Helteen terveyshaitat

Huolimatta siitä, että kesät ovat Suomessa maailmanlaajuisesti tarkastellen viileitä, **korkeista lämpötiloista aiheutuu terveyshaittoja myös Suomessa.** Haitat ovat merkittäviä erityisesti helleaaltojen aikana, jolloin rakennukset lämpenevät ja sisälämpötilat pysyvät korkeina myös yöllä: tällöin elimistö altistuu pitkittyneelle kuumarasitukselle. Kesäajan lämpötilojen on ennustettu kohoavan Suomessa ja samalla helleaaltojen yleistyvän, pidentyvän ja voimistuvan ⁵⁰⁰. Jo nykyisellään helleaallot lisäävät selvästi kuolleisuutta, erityisesti terveydenhuollon toimintayksiköissä. Esimerkiksi vuoden 2003 helleaalto aiheutti Suomessa yli 200 ja vuoden 2010 helleaalto noin 300 ylimääräistä kuolemantapausta; kuolleisuus kasvoi erityisesti yli 75-vuotiaiden keskuudessa, keskimäärin 21 % ⁵⁰¹. Vuoden 2010 helleaallon aikana Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin alueella oli 60 kuolemantapausta enemmän kuin tavallisesti kesäkuukausina. Näistä 30–40 tapahtui Helsingissä. ⁵⁰²

Suomalaiset saavat helteestä terveyshaittoja alhaisemmissa lämpötiloissa kuin esim. eteläeurooppalaiset ⁵⁰³ ⁵⁰⁴. Tämä kertoo siitä, että väestöt ovat sopeutuneet oman elinympäristönsä ilmasto-olosuhteisiin. Myös suomalaiset voivat sopeutua vähitellen lämpimämpään ilmastoon. Tarkasteltaessa pitkää aikaväliä suomalaisten herkkyyden korkeille lämpötiloille

⁵⁰⁰ Kim ym. 2018 <https://doi.org/10.1002/foc.5253>

⁵⁰¹ Kollanus & Lanki 2014 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/10/duo11638>

⁵⁰² Pilli-Sihvola ym. 2018 <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkivparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>

⁵⁰³ de' Donato ym. 2015 <http://doi.org/10.33390/ijerph121215006>

⁵⁰⁴ Näyhä 2007 <https://doi.org/10.3402/ijch.v6i5.18313>

on havaittu vähentyneen,⁵⁰⁵ mutta **muuttuvan ilmaston entistä korkeammat ylimmät lämpötilat aiheuttavat jatkuvasti muuttuvan riskin terveydelle.** On vaikea ennustaa, missä määrin sopeutumista korkeisiin lämpötiloihin tapahtuu jatkossa. Helle aiheuttaa vakavia terveyshaittoja erityisesti vanhuksille ja kroonisista sairauksista kärsiville; tällä perusteella väestön herkkyys voi myös kasvaa tulevaisuudessa. Lämpötilaan liittyvät kuolemat tulevat toisaalta kokonaisuudessaan todennäköisesti vähenemään pakkasiin liittyvän kuolleisuuden laskiessa⁵⁰⁶.

Suomessa on varauduttu riittämättömästi helleaaltojen aiheuttamiin terveyshaittoihin.

Terveydenhuollon toimintayksiköissä ei ole systemaattisesti varauduttu helteen aiheuttamiin terveyshaittoihin, eikä niiden merkittävyyttä aina tiedosteta^{507 508}. Suomessa Ilmatieteen laitos antaa tarvittaessa yleisiä hellevaroituksia, mutta nämä varoitukset eivät automaattisesti johda toimiin terveydenhuoltoalalla. Tältä osin tilannetta parantaisi, jos Suomessa otettaisiin käyttöön nykyistä kattavampi, Maailman terveysjärjestö WHO:n suosittama helle-terveysvaroitussysteemi⁵⁰⁹. Sopeutumisen kannalta keskeistä on, että sisätilojen lämpötiloja hallitaan nykyistä paremmin erityisesti sosiaali- ja terveydenhuollon yksiköissä sekä kotihoidossa, johon vanhustenhuollossa enenevästi pyritään. Toisaalta suomalaisten yleistä tietoisuutta helteeseen liittyvistä riskeistä on syytä lisätä ja pyrkiä tätä kautta vaikuttamaan kuumusriskiin myös kodeissa.

Liukastumistapaturmat

Ilmastonmuutoksen myötä liukkaan kelin päivät yleistyvät suuressa osassa maata lämpötilan vaihdellessa useammin nollan molemmiin puoliin. Erityisen liukasta on lumen tai veden peittäessä jäistä pintaa. Nykyisessä ilmastossa joka talvi kymmenet tuhannet suomalaiset joutuvat liukastumistapaturman vuoksi hakeutumaan lääkärinhoitoon. Lievempien vaikutusten, kuten mustelmien ja venähdysten, lisäksi yleisiä ovat erilaiset murtumat, erityisesti rannemurtumat, joiden yhteys liukkauteen tunnetaan varsin hyvin^{510 511}. Tapaturmat koskevat kaikenikäisiä, mutta murtumien paraneminen on heikointa vanhuksilla, joilla varsinkin lonkkamurtumiin liittyy myös ennenaikaisen kuoleman riski. Taloudellisesti suurimmat haitat aiheutuvat työikäisten tapaturmista sairauspoissaolojen kautta. Liukastumistapaturmat voivat ajoittain johtaa terveydenhuollon päivystysyksiköiden ruuhkautumiseen.

Liukastumistapaturmien yleisyyden vuoksi pienetkin muutokset riskissä johtavat suuriin vaikutuksiin, joten sopeutumiselle on selkeä tarve.

Sopeutumisessa tärkeää on parantaa jalankulkuväylien talvikunnossapitoa ja lisätä kansalaisten tietoisuutta liukastumisriskeistä. Useampana talvena on jo järjestetty tiedotuskampanjoita (mm. Pysy pystyssä ja Pääkallokelit), joiden avulla pyritään lisäämään säätilan ottamista huomioon ulkona liikuttaessa. Tietoisuutta voidaan lisätä myös varoituksin: Ilmatieteen laitoksella on käytössä jalankulkusäättä koskeva varoituspalvelu⁵¹². Jalkineisiin kiinnitettävillä liukasteilla voitaisiin tehokkaasti ehkäistä tapaturmia, mutta niiden käytön yleisyydessä on edelleen parannettavaa⁵¹³.

⁵⁰⁵ Ruuhela ym. 2017 <https://doi.org/10.3390/ijerph14080944>

⁵⁰⁶ Gasparrini ym. 2017 [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)

⁵⁰⁷ Rapeli ym. 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3828-1>

⁵⁰⁸ Ung-Lanki ym. 2017 <https://doi.org/10.23989/gerontologia.64223>

⁵⁰⁹ Matthies ym. 2008 <http://www.who.int/iris/handle/10665/107888>

⁵¹⁰ Giladi ym. 2014 <http://doi.org/10.1097/01.prs.0000436796.74305.38>

⁵¹¹ Flinkkilä ym. 2011 <http://doi.org/10.1007/s00198-010-1463-3>

⁵¹² Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

⁵¹³ Rantala & Pöysti 2015 https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/liukastumiset_1_2015.pdf

Rakennusten kosteusvauriot ja sisäilmaongelmat

Rakennusten kosteusvaurioihin ja näistä aiheutuviin sisäilmaongelmiin liittyy lisääntynyt hengitystieoireilu ja astman syntymisen riski ⁵¹⁴. Yhtä selkeää syytä terveyshaittoille ei ole löydetty, mutta kosteusvauriot lisäävät mm. homesienten ja muiden mikrobien kasvua, pölypunkkeja, rakenteiden pilaantumista ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä. **Rakennusten kosteus- ja homevauriot aiheuttavat tällä hetkellä huomattavia terveyteen liittyviä kustannuksia, jopa satoja miljoonia euroja**, mitkä johtuvat oireilusta, sairauksista ja niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä sekä työtehon laskusta ⁵¹⁵.

On todennäköistä, että ilman sopeutumistoimia ilmastonmuutos lisää rakennusten kosteusvaurioita tulevaisuudessa (ks. [luku 3.2.2](#)). Kosteus- ja homevaurioiden lisääntymiseen vaikuttavat esimerkiksi lisääntyvä sadanta ja talvisen sadannan muuttuminen lumesta vedeksi, ilman suhteellisen kosteuden kasvu, tuulen aiheuttamien viistosateiden yleistyminen sekä lämpötilan kohoaminen. Sopeutumiseen kuuluu muun muassa muuttuvien sääolosuhteiden ennakointi, riskikohteiden korjaaminen sekä panostaminen entisestään rakentamisen laatuun niin uudis- kuin korjausrakentamisessakin. Ilmastonmuutos korostaa myös rakennusten huolellisen ylläpidon sekä ilmanvaihdon riittävyyden ja säätelyn tärkeyttä.

Rakennusten kosteusvaurioihin liittyvät terveyshaitat ovat vilkkaan julkisen keskustelun ja tutkimustoiminnan kohteena Suomessa tällä hetkellä. Esimerkiksi kokemukset sisäilman aiheuttamasta oireilusta ovat hyvin yleisiä, joten pienetkin suhteelliset muutokset kosteusvaurioiden esiintyvyydessä voivat merkittävästi lisätä oireiden kokemisen yleisyyttä. Vaikutuksia tulevaisuudessa ei kuitenkaan ole arvioitu Suomessa ja terveyshaittojen syntymekanismi on edelleen epäselvä, joten epävarmuudet ovat suuria.

Vesiepidemiat

Ilmastonmuutoksen myötä vesivälitteisten epidemioiden ennakoidaan lisääntyvän eri puolilla maapalloa, myös arktisilla alueilla ⁵¹⁶. Epidemiat johtuvat tällä hetkellä pääosin juomaveden ulosteperäisestä saastumisesta eli siitä, että juomaveden on päässyt ripulitautia aiheuttavia norovirus- tai kampylobakteereita. Suomessa on vuosittain parista muutama kymmentä vesiepidemiaa, joissa sairastuu yhteensä muutamia satoja ihmisiä ⁵¹⁷. Lisääntynyt sateisuus, rankkasateet, tulvat ja lämpötilan nousu heikentävät vesistöjen mikrobiologista laatua. Näin ollen ne lisäävät terveydelle haitallisten mikrobien aiheuttamia vesivälitteisiä epidemioita, joille altistuvat sekä veden virkistyskäyttäjät että talousveden käyttäjät ⁵¹⁸. **Ilmastonmuutos vaikuttaa ratkaisevasti niin pinta- kuin pohjavesilaitosten käyttämän raakaveden laatuun**, mikä lisää puhdistusprosessien ja desinfioinnin tarvetta. Kampylobakteerit hyötyvät leudoista talvista, jolloin ne siirtyvät, säilyvät ja lisääntyvät helpommin, ⁵¹⁹ ja norovirus-epidemioiden on havaittu lisääntyvän sateisuuden myötä ⁵²⁰. Siten vesiepidemioiden oletetaan yleistyvän ilmastonmuutoksen myötä.

Ilmastonmuutos lisää myös terveysriskiä uimarannoilla. Lämpötilan nousu lisää uima-areiden määriä uimarannoilla lisäten myös vesien likaantumistapauksia, erityisesti norovirus-tien suhteen. Lisäksi vesien lämpötilan nousu voi edesauttaa uusien mikrobilajien leviämistä

⁵¹⁴ Pekkanen & Lampi 2015 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2015/19/duo12465>

⁵¹⁵ Reijula ym. 2012 https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvi_1%2B2012.pdf

⁵¹⁶ Hedlund ym 2014 <http://doi.org/10.3402/gha.v7.24161>

⁵¹⁷ Pihlajasaari ym. 2016 <https://www.evira.fi/tietoa-evirasta/julkaisut/elintarvikkeet/julkaisusariat/elintarvike--ja-talousvesivälitteiset-epidemiat-suomessa-vuosina-2011-2013/>

⁵¹⁸ Hunter 2003 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.94.s1.5.x>

⁵¹⁹ Nylén 2002 <https://www.istor.org/stable/3864737>

⁵²⁰ Rohayem 2009 <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02846.x>

ja mahdollistaa joidenkin patogeenisten mikrobien kasvua. Kesän 2014 helleaallon yhteydessä noin 1500 ihmisen sairastuminen Suomessa liitettiin uimaveden likaantumiseen ⁵²¹. *Vibrio cholerae* -bakteerin aiheuttamien tulehdustapausten ennustetaan lisääntyvän ilmaston lämpenemisen myötä merialueilla. Terveysriski kasvaa uimarannoilla, ⁵²² erityisesti matalissa lämpimissä vesissä, kuten Suomessa Pohjanlahden perällä ⁵²³. Uimavesien sinilevät eli syanobakteerit voivat myös lisääntyä ilmaston lämpenemisen myötä, ja siten sinilevätöksiinien aiheuttamat terveyshaitat voivat yleistyä. Terveysriskiä aiheuttaa paitsi veden virkistyskäyttö, niin myös veden käyttö vapaa-ajan asunnoilla esimerkiksi saunavetenä. ⁵²⁴

Vesiepidemiat ovat Suomessa melko harvinainen sekä hyvin paikallinen terveysriski, sillä vesiepidemian sattuessa se koskettaa vain saastuneen uimarannan käyttäjiä tai vedenjake-luverkoston piirissä asuvia ihmisiä. Vesiepidemiat aiheuttavat yleensä vain ripulitapauksia, jotka eivät vaaranna perusterveiden ihmisten henkeä ⁵²⁵. Ikääntyvä väestö ja toisaalta lapset ovat kuitenkin herkempiä infektioille ja täten vaikutukset näissä ikäryhmissä voivat olla vakavampia. **Ilmastonmuutos voi lisätä vesivälitteisten epidemioiden riskiä merkittävästi ja vesilaitokset joutuvat ottamaan huomioon investoinneissaan jo nyt raakaveden laadun muutokset sekä vedenjakeluverkoston vaatimusten lisääntymisen** ⁵²⁶. Lisäpainetta tähän tuo mm. vedenjakeluverkoston ikääntyminen ⁵²⁷.

Vaikka ilmastonmuutoksen aiheuttamista vesivälitteisistä epidemioista tulee tavallisesti vain vähäisiä terveydenhuollon kustannuksia sairastumisien myötä, vesihuoltolaitosten on kuitenkin taattava talousveden turvallisuus lainsäädännön vaatimuksesta. Siksi **vesihuoltolaitosten on otettava huomioon ilmastonmuutoksen tuomat paineet raakavesien laadun muutoksissa**. ⁵²⁸ Ilmastonmuutokseen sopeutumistoimet on otettava huomioon vesihuoltolaitosten talousveden toimenpideohjelmassa (Water Safety Plan, WSP), jonka tarkoituksena on tunnistaa koko vedentuotannon toimintaympäristöön ja vedentuotantoketjuun liittyvät riskit ja hallita riskejä talousveden laadun turvaamiseksi ⁵²⁹. Ilmastonmuutokseen varautumisesta aiheutuu merkittäviä taloudellisia kustannuksia sekä veden tuottajille että kuluttajille.

Myös ilmastonmuutoksen aiheuttamista **vesihuollon toiminnan häiriöistä** voi aiheutua vesivälitteisiä infektioita (ks. [luku 3.1.2](#)). Lisäksi **myrskyt ja tykkylumi voivat aiheuttaa sähkökatkoksia**, jotka voivat vaikeuttaa vedenjakelua (ks. [luku 3.2.2](#)).

Vektorivälitteiset infektiosairaudet

Merkittävimpiä tauteja levittäviä eläimiä ovat hyönteiset (hyttysset, kirvat, kärpäset) ja puutiaiset. Ilmaston lämpeneminen ja lisääntyvät sademäärät tulevat vaikuttamaan paitsi tautia tartuttavien eläinten levinneisyyteen, aktiivisuuskausiin ja populaation kokoon niin myös taudinaiheuttajien siirtymisen tehokkuuteen ^{530 531}. Tämän lisäksi tärkeitä tekijöitä

⁵²¹ Kauppinen ym. 2017 <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.8.30470>

⁵²² Rodo ym. 2002 <https://doi.org/10.1073/pnas.182203999>

⁵²³ Baker-Austin & Oliver 2018 <http://doi.org/10.1111/1462-2920.13955>

⁵²⁴ Kankaanpää 2011 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2011/13/duo99650>

⁵²⁵ Pihlajasaari ym. 2016 <https://www.evira.fi/tietoa-evirasta/julkaisut/elintarvikkeet/julkaisusarjat/elintarvike--ja-talousvesivälitteiset-epidemiat-suomessa-voosina-2011-2013/>

⁵²⁶ Molarius ym. 2015 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>

⁵²⁷ Silfverberg 2007 http://mmm.fi/documents/1410837/1516651/Vesihuollon_kehittamisen_suuntaviivoja_netiversio_071210.pdf/e4937ddf-cccd-49dc-9062-0655aa95aba5

⁵²⁸ Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta (442/2014) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140442>

⁵²⁹ Sosiaali- ja terveysministeriö 2015 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3590-7>

⁵³⁰ Hunter 2003 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.94.s1.5.x>

⁵³¹ Confalonieri ym. 2007 http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch8.html

vektorivälitteisten tautien leviämässä ovat maankäytön muutokset ja sosioekonomiset tekijät (esim. ihmisten käyttäytyminen, ihmisten ja tavaroiden liikkuvuuden kasvu) – onkin vaikea erotella niiden vaikutusta ilmastonmuutosten vaikutuksista⁵³².

Borrelioosia (bakteeri) ja puutiaisaivokuumeetta (virus) levittävät puutiaiset voivat lisääntyä ja esiintymisaluetta laajentua leutonevien talvien myötä. Tämän vuoksi Suomessa Lymen borrelioosin ja puutiaisaivotulehduksen riskin kasvaa.⁵³³ Lämpeneminen vaikuttaa myös välillisesti puutiaisten isäntäeläinten populaatioiden muutosten kautta. Leutoa talvea seuraava kostea kesä lisää puutiaisten elinmahdollisuuksia, myös myöhäinen talventulo lisää näiden infektioitautien yleisyyttä⁵³⁴. Borrelioosin ja puutiaisaivotulehduksen ilmaantuvuus on viime vuosina noussut Suomessa^{535 536}.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa myyrien levittämän ja Puumala-viruksen aiheuttaman myyräkuumeen esiintymiseen muuttamalla myyrien lisääntymisolosuhteita⁵³⁷. Myyrien kannanvaihtelut vaikuttavat myös jänisruton yleisyyteen, samoin pienpetojen määrän kasvun kautta mahdollisesti rabieksen lisääntymiseen. Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa eläinlajien siirtymisen uusille alueille. **Ilmastonmuutos vaikuttaa esimerkiksi luonnonvaraisten vesilintujen elinalueiden muutoksiin. Muuttolinnoilla, kuten arktisilla vesilinnuilla, on merkittävä rooli ihmisten ja eläintautien levittämisessä**⁵³⁸. Ne voivat levittää esimerkiksi virustauteja, kuten eri lintuinfluenssatyyppejä^{539 540}.

Ilmastonmuutos voi myös edesauttaa parasiittien kehittymistä ja hengissä säilymistä⁵⁴¹. Lyhyemmät ja leudommat talvet ja kosteat kesät lisäävät loiseläinten munien tuotantoa ja toukkien selviytymistä. Maaperän lämpeneminen voi osaltaan auttaa loisten kehitystä. Toisaalta pitkät kuivat jaksot ja nopeat vaihtelut jäätyminen ja sulamisen välillä voivat heikentää infektiivisten loisten, kuten ekinokokkien, munien säilymistä luonnossa^{542 543}. Myyräekinokokki (*Echinococcus multilocularis*) on kuitenkin levinnyt Euroopassa uusille alueille ja saattaa levitä myös Suomeen. Ihmisten sairastumiset ovat silti harvinaisia myös endeemisillä alueilla Euroopassa.

Muualla maailmassa voimakkaasti sääriippuvaisen malarian leviäminen mahdollisesti uusille alueille on selkeä uhka, ja matkailun seurauksena riskiryhmään kuuluvat myös suomalaiset. Osin ilmastonmuutoksen vaikutuksesta yleistäviä ja uusille alueille leviäviä tauteja ovat mm. seisovista vesistä riippuvaisen hyttysen kautta leviävät denguekuume ja chikungunya^{544 545}.

Suomessa on korkealaatuinen tartuntatautien seuranta-järjestelmä, mikä mahdollistaa reagoinnin muuttuvaan tilanteeseen ja edesauttaa sopeutumista⁵⁴⁶. Terveyden ja hy-

⁵³² Euroopan yhteisöjen komissio 2009 http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_it.pdf

⁵³³ Euroopan yhteisöjen komissio 2009 http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_it.pdf

⁵³⁴ Euroopan yhteisöjen komissio 2009 http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_it.pdf

⁵³⁵ Jaakola ym. 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-710-7>

⁵³⁶ Sajanti ym. 2017 <http://doi.org/10.3201/eid2308.161273>

⁵³⁷ Roda Gracia ym. 2015 <https://doi.org/10.1111/zph.12175>

⁵³⁸ Bradley ym. 2005 <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

⁵³⁹ Hovi 2006 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2006/3/duo95515>

⁵⁴⁰ Evira 2017 https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/julkaisut/julkaisusarjat/elaimet/eviran_julkaisuja_2_2017_elaintaudit_suomessa_2016.pdf

⁵⁴¹ Bradley ym. 2005 <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

⁵⁴² Bradley ym. 2005 <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

⁵⁴³ Oksanen 2006

⁵⁴⁴ Siikamäki ym. 2003 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2003/21/duo93872>

⁵⁴⁵ European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) 2012 <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/1203-TER-Potential-impacts-climate-change-food-water-borne-diseases.pdf>

⁵⁴⁶ Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 20.10.2017 <https://www.thl.fi/fi/web/infektioaudit/seuranta-ja-epidemiati/tartuntatautirekisteri>

vinvoinnin laitos (THL) tuottaa viikoittain tilannekuvaraportteja tartuntatautiuhkista analysoiden ja tulkiten sekä kansallisten seurantajärjestelmien että EU:n ja Maailman terveysjärjestön (WHO) varhaisvaroitusjärjestelmien kautta saapuvaa tietoa. Sopeutumisen kannalta on tärkeää myös kansalaisten tietoisuuden lisääminen tavoista, joilla infektioitautien ja erityisesti puutiaistautien riskiä voi itse pienentää ⁵⁴⁷. Puutiaisaivotulehduksen ehkäisyssä myös rokotukset ovat tärkeitä: rokotusten kattavuutta tulisi lisätä kansallisessa rokotusohjelmassa sitä mukaa kun riskialueet laajenevat ja rokotusten kustannusvaikuttavuutta on arvioitu. Lisäksi matkailuviranomaisten ja terveydenhuollon ammattilaisten on varauduttava matkailutautien yleistymiseen.

Muut terveysriskit

Ilmastonmuutoksen myötä monien kasvilajien siitepölykausi aikaistunee sekä Suomessa että alueilla joilta siitepölyä kulkeutuu. Lisäksi siitepölykausi voi pidentyä ja siitepölymäärä kasvaa. Suomessa koivun siitepölykauden on jo havaittu aikaistuneen ja siitepölyn lisääntyneen ⁵⁴⁸. **Ilmastonmuutoksen myötä allergiaoireet saattavat siten lisääntyä tulevaisuudessa.** Suomeen vähitellen leviävistä vieraslajeista siitepölyallergian kannalta merkittävimpiä on marunatuoksukki. Vielä lähivuosisikymmeninä sen ei kuitenkaan odoteta vaikuttavan merkittävästi Suomen allergiatilanteeseen. ⁵⁴⁹ Jättiputket ovat toinen terveyden kannalta merkityksellinen kasvilaji(ryhmä), joka jo leviää Suomessa. Kasvineste aiheuttaa yhdessä auringon UV-valon kanssa palovamman kaltaisia ihovaurioita.

Haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle ja kasvillisuudelle aiheuttavat alailmakehän otsonipitoisuudet kasvavat ilmaston lämpenemisen myötä monella alueella myös Euroopassa. **Ilmastonmuutos ei kuitenkaan todennäköisesti lisää otsonin haittavaikutuksia Suomessa.** ⁵⁵⁰ **Ilmastonmuutoksen myötä Pohjois-Suomeen saattaa kulkeutua aiempaa enemmän elohopeaa ja pysyviä orgaanisia yhdisteitä,** mikäli jo kierrosta poistuneita aineita vapautuu esimerkiksi jäätiköiden sulaessa ⁵⁵¹. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös metsäpaloihin, jotka ovat pahentuneet monella alueella, kuten Etelä-Euroopassa. **Suomessa metsäpalot ovat yleensä alaltaan pieniä, mutta ulkomailta kaukokulkeutuneet metsäpalojen savut aiheuttavat rajallisesti terveyshaittoja myös Suomessa** ⁵⁵². Metsäpaloista peräisin olevien ilmansaasteiden vaikutuksia tulevaisuudessa on vaikea ennustaa, sillä palojen määrään vaikuttavat sääolosuhteiden lisäksi yhteiskunnalliset tekijät ja toisaalta savujen kulkeutumiseen Suomeen palon aikaiset tuuliolosuhteet. Suomessa haitat eivät kuitenkaan todennäköisesti ole merkittäviä tulevaisuudessakaan.

Tulevaisuudessa lisääntyvä pilvisyys, sadanta ja lumipeitteisen ajan lyheneminen saattavat alentaa mielialaa pimeyden lisääntymisen kautta erityisesti talviaikaan. Tämä voi pahimmillaan olla yhteydessä jopa vakaviin masennusoireisiin. ⁵⁵³ Masennusoireita voisi ehkäistä kirkasvalolamppujen käytön yleistyminen. Ilmaston lämpeneminen puolestaan todennäköisesti lisää ihmisten ajanviettoa ulkona ja täten myös altistumista UV-säteilylle, mikä lisää ihosyöpiä ja kaihia, jos riittävästä suojautumisesta ei huolehdi.

Suurin osa elintarvikeperäisistä epidemioista aiheutuu salmonella-, kampylobakteeri- tai listeriainfektioista. **Erityisesti salmonellan odotetaan hyötyvän ilmaston lämpenemisestä. Suomen korkean hygieniatason vuoksi merkittävät vaikutukset ovat epätodennäköisiä lähivuosisikymmeninä. Toisaalta riski viljakasvien homemyrkyille kasvaa myös**

⁵⁴⁷ Zöldi ym. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.07.004>

⁵⁴⁸ Yli-Panula ym. 2009 <https://doi.org/10.3390/ijerph6061706>

⁵⁴⁹ Lake ym. 2017 <http://dx.doi.org/10.1289/EHP173>

⁵⁵⁰ Orru ym. 2013 <http://eri.ersjournals.com/content/41/2/285>

⁵⁵¹ Mannio ym. 2016 <https://tietokavttoon.fi/julkaisu?pubid=13402>

⁵⁵² Kollanus ym. 2017 <http://doi.org/10.1289/EHP194>

⁵⁵³ Ruuhela ym. 2009 <https://doi.org/10.3390/ijerph14080944>

Suomessa lämpötilan ja kosteuden nousun vuoksi, ⁵⁵⁴ mikä vaatii sopeutumista maataloudessa ja elintarvikevalvonnassa. Ilmaston lämpenemisen myötä kasvinsuojeluaineiden käytön ennustetaan lisääntyvän ja sademäärien kasvun myötä huuhtoumien pelloilta vesistöihin lisääntyvän. Siten altistuminen maataloudesta peräisin oleville haitta-aineille voi tulevaisuudessa lisääntyä. ⁵⁵⁵ Ottaen huomioon alhaisen lähtötason, ei terveysriski ole Suomessa kuitenkaan merkittävä.

Tulevaisuuden ennustettu tulvien ja mahdollinen myrskyjen yleistymisen myös Suomessa johtaa todennäköisesti vain harvoin laajamittaisiin suoriin terveystaitoihin, kuten tapaturmaksiin kuolemiin. Tämä johtuu siitä, että sään ääri-ilmiöt eivät Suomessa ole yhtä äärimmäisiä kuin monella muulla alueella maailmassa. Voimakkaista myrskyistä voi silti aiheutua henkilövahinkoja mm. puiden kaatumisen ja muiden onnettomuuksien seurauksena. Esimerkiksi heinä-elokuussa 2010 rajuilmoista aiheutui Suomessa yksi kuolema ja useita kymmeniä loukkaantumisia ⁵⁵⁶. **Sään ääri-ilmiöt vaikuttavat terveyteen myös liikenneonnettomuuksien lisääntymisen kautta (ks. 3.2.4). Sään ääri-ilmiöiden aiheuttamat häiriöt infrastruktuurille, kuten sähkön- ja lämmöntuotannolle ja -jakelulle (ks. 3.2.1), voivat vaikuttaa terveyden- ja sosiaalihuollon toimintaan, mikä vaatii ennalta varautumista.** Erityisen alttiita infrastruktuurin häiriöistä johtuville haittavaikutuksille ovat yksityiset sosiaalihuollon asumis- ja laitospalvelut, joissa on harvoin laadittu valmiussuunnitelmia häiriötilanteita varten ⁵⁵⁷.

Luvun 3.2.6 viitteet löytyvät [luvusta 6](#).

4. YHTEENVETO SÄÄ- JA ILMASTORISKEISTÄ

Tässä raportissa on esitelty useita tutkimuksissa tarkasteltuja säähän ja ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä ja haavoittuvuuksia. **Kaikkien tarkasteltujen riskien osalta on syytä**

- 1. seurata säännöllisesti eri riskitekijöitä (vaaratekijät, altistuminen, haavoittuvuus) ja toteutuneiden riskien vaikutuksia**
- 2. arvioida riskitekijöiden tulevaa kehitystä**
- 3. jatkaa varautumis- ja sopeutumistoimia pyrkien löytämään kustannustehokkaita ratkaisuja.**

Hankeryhmä pyrki omaan asiantuntemukseensa perustuen tunnistamaan kirjallisuudessa esille nostettuja riskejä, jotka ansaitsevat erityistä huomiota. Kriteereinä käytettiin kahta tekijää:

- Toteutuneet riskit vaikuttavat laajalla alueella ja usein myös koskettavat useita toimialoja, ja/tai niillä on suuria talous-, terveys- tai turvallisuusvaikutuksia. Näiden riskien arviointia ja hallintaa tulee edelleen kehittää.
- Riskiin liittyy selviä tietotarpeita. 1) Riskin tunnistamisessa tai arvioinnissa on merkittäviä puutteita, jotka haittaavat tarkoituksenmukaisesti mitoitettua riskienhallintaa. Tällaisia riskejä tulisi tutkia enemmän, kehittää niiden seuranta ja tarvittaessa tunnistaa toimia riskeihin sopeutumiseksi. 2) Vaikka riski tunnetaan, niin tehokkaita so-

⁵⁵⁴ Molarius ym. 2015 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>

⁵⁵⁵ Bradley ym. 2005 <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

⁵⁵⁶ Onnettomuustutkimuskeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuositain/muutonnettomuudet2010/s22010vheina-elokuun2010rajuilmat.html>

⁵⁵⁷ Rapeli ym. 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3828-1>

peutumistoimia ei ole tunnistettu tai niitä on vaikea toteuttaa esimerkiksi suurten kustannusten vuoksi. Näiden riskien hallintaan tulisi kehittää uusia keinoja ja riskien toteutumiseen tulisi varautua.

Hanketyöryhmä nostaa esimerkinomaisesti edellä mainittuihin kahteen luokkaan jaoteltuna esille ilmastonmuutokseen liittyen merkittäviä riskejä taulukoissa 4.1 ja 4.2.

Tässä hankkeessa riskien tarkastelu perustui kirjallisuuteen, ja sitä täydensivät hankkeessa mukana olleiden asiantuntijoiden näkemykset. Työssä ei kuitenkaan kartoitettu laajasti riskien kohteena olevien toimijoiden ja muiden sidosryhmien näkemyksiä. Toimijat pystyvät kokemukseensa perustuen kuvaamaan myös sääriskejä, joita tutkimuskirjallisuudessa ei käsitellä. Esimerkiksi on riskejä, jotka kansallisella tasolla eivät vaikuta merkittävästi mutta jotka toteutuessaan saattavat kohdistua siten, että riskin kohteen sietokyky ylittyy tai vaikutukset ovat muuten vakavia.

Taulukko 4.1. Esimerkkejä ilmastonmuutokseen liittyvistä riskeistä, joilla on toteutuessaan laajaja vaikutuksia.

| Toteutuneet ilmastoriskit vaikuttavat laajalla alueella tai/ja vaikutukset ovat suuria | Vaikutukset | Huomioita (- negatiivisia, + positiivisia) |
|---|--|---|
| <p><i>Sähkönjakelun laaja pitkäkestoinen häiriö</i></p> <p>Luku 3.2.1</p> | <ul style="list-style-type: none"> Sähkönjakelun häiriöt heijastuvat laajasti yhteiskuntaan ja hankaloittavat toimintaa useilla toimialoilla, mm. energia, liikenne, tietoliikenne, asuminen, maatalous (erityisesti kotieläintuotanto), useat päivittäiset palvelut Häiriöt aiheuttavat vaaraa terveydelle. Häiriöt aiheuttavat merkittäviä taloudellisia menetyksiä | <ul style="list-style-type: none"> Sähkönjakelussa on 2000-luvulla ollut useita laajoja häiriötä. Vaaratekijät voimistuvat ilmastonmuutoksen myötä. Yhteiskunnan sähköriippuvuus on kasvussa. + Sähkönjakelun säävarmuutta parannetaan määrätietoisesti. |
| <p><i>Vesistöjen suurtulvien vahingot ja haitat</i></p> <p>Luku 3.2.2</p> | <ul style="list-style-type: none"> Tulvat aiheuttavat nykytilanteessa vahinkoa maataloudelle ja kiinteistöille. Suurtulva voi aiheuttaa merkittäviä vahinkoja. | <ul style="list-style-type: none"> Ilmastonmuutos lisää paikoin tulvariskiä. |
| <p><i>Hulevesitulvien vahingot ja haitat</i></p> <p>Luku 3.1.2 ja 3.2.2, ks. myös 3.2.4</p> | <ul style="list-style-type: none"> Hulevesitulvat voivat aiheuttaa merkittäviä paikallisia vahinkoja ja toimintahäiriötä. Rankkasateet voivat saastuttaa vedenottoita. | <ul style="list-style-type: none"> Kaupungistuminen lisää läpäisemättömien pintojen osuutta. Ilmastonmuutos voimistaa rankkasateita. |
| <p><i>Helteen terveyshaitat</i></p> <p>Luku 3.2.6</p> | <ul style="list-style-type: none"> Jo nyt pitkittyneen helleaallon aikana voi kuolla useampia satoja ihmisiä ennenaikaisesti. Helle laskee työtehoa. | <ul style="list-style-type: none"> Helleaallot yleistyvät ja voimistuvat ilmastonmuutoksen edetessä. Helle on erityinen ongelma kaupunkialueilla. Terveydenhuollossa ei ole systemaattisesti varauduttu helteisiin ja jäädytettyjä tiloja on vähän. Riskiryhmiä ovat erityisesti vanhuksat ja pitkäikäissairaajat, joiden osuus väestöstä kasvaa. |
| <p><i>Liukkauden aiheuttamat onnettomuudet ja haitat</i></p> <p>Luvut 3.2.4 ja 3.2.6</p> | <ul style="list-style-type: none"> Jo nyt joka talvi kymmenet tuhannet suomalaiset liukastuvat siten, että tarvitsevat hoitoa. Tieliikenteessä liukkaudesta aiheutuu viivästyksiä, onnettomuuksia ja logistiikan häiriötä. Liukkaus aiheuttaa suuria kustannuksia erityisesti sairauspoissaolojen takia. | <ul style="list-style-type: none"> Vaaratekijän alueellinen ja vuodenaikainen jakauma muuttuu. Kevyen liikenteen kasvu kasvattaa altistumista. + Varautumiskeinoja ovat esim. talvikunnossapidon kehittäminen ja riskitietoisuuden lisääminen. + Varautumisessa auttaa sää- ja kelitieto. |
| <p><i>Rakenteiden kostuminen ja rapautuminen (ml. rankkasateiden vaikutus)</i></p> <p>Luku 3.2.2</p> | <ul style="list-style-type: none"> Rakennevauriot nopeuttavat korjaustarvetta (rakennukset, rakenteet, tie- ja rataverkostot). Rakenteiden kostuminen vaikeuttaa sisäilmaongelman ratkaisuja. Molempiin liittyy suuria kustannuksia. | <ul style="list-style-type: none"> Kostuminen ja rapautumissyklien määrä ovat kasvussa. Korjausvelka esim. tieverkostossa lisää haavoittuvuutta. |

Taulukko 4.2. Esimerkkejä ilmastonmuutokseen liittyvistä riskeistä, joihin liittyy tietotarpeita.

| Riskeihin liittyviä tietotarpeita | Sopeuttamistoimia on vaikea toteuttaa tai niihin liittyy suuria kustannusvaikutuksia | Huomioita (- negatiivisia, + positiivisia) |
|--|---|--|
| <p><i>Muutokset ja siirtymät lajien levinneisyysalueissa ja runsauksissa</i></p> <p>Luku 3.1.1</p> | <ul style="list-style-type: none"> Keskeinen sopeutumiskeino levinneisyysmuutoksiin on kattava suojelualueverkko. Sopeuttamistoimia tarvitaan myös suojelualueiden ulkopuolella, esim. maatalouden ympäristötuki ja metsänhoidon ohjeistus. | <p>- Lajien ominaisuudet, kuten liikkumiskyky ja sopivien elinympäristöjen esiintyminen (tiheys), määrittävät, pystyvätkö lajit siirtymään muuttuvan ilmaston mukana kohti pohjoista.</p> |
| <p><i>Vieraslajit hyötyvät suhteessa alkuperäiseen lajistoon</i></p> <p>Luku 3.1.1</p> | <ul style="list-style-type: none"> Merkittäviä sopeuttamistoimia tarvitaan mm. luonnonsuojelussa ja maa- ja metsätaloudessa. Tiedonkeruuta ja ensivaiheen toimia tulee nopeuttaa | <p>- Nykyisin vieraslajien vaikutus on voimakkain ihmistoiminnan muokkaamissa ympäristöissä, jatkossa niiden odotetaan runsastuvan vesistöissä ja monissa luonnonympäristöissä</p> <p>+ Vieraslajien torjuntaa on tehostettu lailla.</p> |
| Riskeihin liittyviä tietotarpeita | Riski tunnetaan puutteellisesti | Huomioita |
| <p><i>Heijastevaikutusten vahingot ja haitat</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> Tutkimustietoa heijastevaikutuksista on vielä verrattain vähän, vaikka aihe on saanut yhä enemmän huomiota. Vaikutusketjujen muodostuminen on eräs keskeinen tutkimusaihe. | <p>- Heijastevaikutukset ovat moninaisia.</p> <p>- Ne voivat koskea yhteiskuntaa laajasti (esim. ilmastopakolaisuus), olla merkittäviä teollisuudelle (esim. raaka-aineiden saatavuus) tai kansalaiselle (esim. matkailun seurauksena tarttuvat taudit).</p> |
| <p><i>Ekosysteemipalvelujen heikkeneminen</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> Hyvin laaja mutta niukasti tutkittu aihe | <p>+ Sopeutumiskeinona voisi toimia luonnon prosessien ylläpitäminen talouskäytössä olevilla alueilla, esim. maatalouden ympäristötuki, metsänhoidon ohjeistus.</p> |

Jos Suomi menestyy taloudellisesti ja kykenee ylläpitämään tai nostamaan sää- ja ilmastoriskien hallinta- ja sietokykyään, edellytykset vähentää altistumista ja kehittää sopeutumiskykyä haavoittuvuuden pienentämiseksi ovat hyvät. Jos sen sijaan yleinen yhteiskuntakehitys johtaa infrastruktuurin rapautumiseen, köyhtymiseen ja yhteiskunnallisten instituutioiden heikkenemiseen, myös verrattain pienet säähän ja ilmastonmuutokseen liittyvien vaaratekijöiden lisäykset voivat kasvattaa riskejä huomattavasti. Kuten [luvussa 2](#) on todettu, altistumisen ja haavoittuvuuden kannalta yleinen yhteiskuntakehitys saattaa monessa tapauksessa olla ratkaisevampi tekijä tulevaisuuden sää- ja ilmastoriskien muodostumisessa kuin ilmastonmuutos.

Ilmastonmuutokseen varautumisessa ja sopeutumisessa on otettava huomioon, että Suomen luontoon ja luonnonvaroihin kohdistuu myös muita muutospaineita, kuten esim. biotalouden kasvu, hiilensidonnain lisäysoimet. Luonnonympäristön muutosten kautta kohdistuvien riskien lisäksi suomalainen yhteiskunta altistuu maamme ulkopuolelta tuleville heijastevaikutuksille, jotka tunnetaan vajavaisesti.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän vuonna 2018 laaditun arvion mukaan suuri osa Suomea kohtaavista sää- ja ilmastoriskeistä on lähivuosina hallittavissa asianmukaisella suunnittelulla ja varautumisella. Tämä koskee erityisesti riskejä, jotka liittyvät fyysiseen infrastruktuuriin ja välittömästi vaaraa aiheuttaviin tekijöihin, kuten tulviin, myrskyihin, rajuilmoihin ja muihin vahinkoa aiheuttaviin sääilmiöihin.

Suoriin riskeihin liittyen Suomessa on runsaasti käytössä olevia ohjauskeinoja ja tietoa sekä kokemusta siitä, kuinka sääilmiöiden aiheuttamaa riskiä voidaan vähentää. Uusista keinoista, esimerkiksi luontopohjaisista ratkaisuista, tietoa ja kokemusta on vasta kertymässä. Kaikkia säähän ja ilmastomuutokseen liittyviä riskejä ei kuitenkaan kannata tai pystytä vähentämään. Jäljelle jäänyttä riskiä, eli ns. jäännösriskiä, hallitaan mm. pelastustoiminnan ja vakuutusten avulla. Pelastustoimen riskienhallinta on tällä hetkellä hyvällä tasolla, ja vakuutussektori tarjoaa vakuutuksia sään aiheuttamille vaikutuksille.

Pitkällä aikavälillä, eli vuosisadan puolivälissä ja sen jälkeen, sää- ja ilmastoriskien arvioidaan yleisesti kasvavan. Silloinkin suoriin vaaratekijöihin liittyviä riskejä on Suomen oloissa yleisesti ottaen mahdollista hallita olettaen, että taloudellinen kehitys on suotuisaa ja yhteiskunta pysyy vakaana.

Vaikeammin arvioitavissa ja usein myös hallittavissa ovat jo nyt ne riskit, joissa aiheuttajana on epäsuorasti säästä ja ilmastosta aiheutuva vaaratekijä, kuten vieraslaji tai bakteeri, ja jossa riskit kohdistuvat terveyteen, luontoympäristöön, maa- ja metsätalouteen sekä riista- ja kalatalouteen. Esimerkiksi haitallisten vieraslajien hallintaan on kiinnitetty huomiota, mutta riskien arviointiin liittyy huomattavaa epävarmuutta. Myös terveysriskien arviointi on epävarmaa, sillä vaaratekijöiden (esimerkiksi vektorivälitteiset sairaudet ja ihmisten liikkumisen seurauksena Suomeen tulevat sairaudet) kehitystä ja altistumista on vaikea ennakoida. Olemassa olevien tietoaineistojen avulla voidaan riskejä arvioida tällä hetkellä kohtalaisen hyvin, mutta uusien tietoaineistojen avulla riskien tunnistaminen ja arviointi paranevat.

Toinen vaikeasti arvioitava ja hallittava riskikategoria on ilmastomuutoksen heijastevaikutukset. Heijastevaikutusten hallittavuutta vaikeuttaa se, että riskeille altistumista on vaikeaa ennakoida, koska se liittyy monimutkaisiin vaikutusketjuihin. Lisäksi heijastevaikutusten tutkimusmenetelmiä on kehitetty vasta vähän. Haavoittuvuutta ja mahdollisuuksia heijastevaikutusten pienentämiseksi on kuitenkin mahdollista tarkastella systemaattisesti sekä toimialakohtaisesti että toimialat ylittäen. Turvallisuusympäristöön kohdistuvat vaikutukset tulisi ottaa huomioon esimerkiksi varautumisessa ja viranomaisyhteistyön kehittämisessä.

Tämä sää- ja ilmastoriskiarvio perustuu ensisijaisesti oletuksiin keskimääräisestä ilmastomuutoksen kehityksestä ja vakaasta yhteiskunnallisesta kehityksestä. Mikäli ilmastomuutos etenee "ääriskenaarion" (RCP8.5 - hyvin suuret kasvihuonekaasupäästöt) ja/tai yhteiskuntakehitys häiriintyy, tässä esitetyt arviot riskeistä voivat osoittautua aliarvioiksi. Tämän vuoksi riskiarviot tulee toistaa säännöllisin väliajoin. **Noin kuuden vuoden välein toteutuva arviointi on perusteltua kehityksen seuraamiseksi, uuden tutkimustiedon mukaan ottamiseksi ja tietopohjan varmistamiseksi.** Tätä kysymystä tarkastellaan Suomen osalta SIETO hankkeen loppuraportissa 2, jossa esitetään toimintamalli säännöllisesti päivitettävälle sää- ja ilmastoriskien arvioinnille. Riskien vähentämisen, sopeutumisen ja varautumisen tueksi tarvitaan luotettavia ja mahdollisuuksien mukaan kvantitatiivisia ja yhteismitallisia riskiarvioita.

Tulevaisuudessa ilmatoriskiarvioihin pitäisi myös sisällyttää tietoa, jota tässä riskiarviossa ei ollut käytössä. Lisätutkimusta tarvitaan esimerkiksi riskien kohdentumisesta eri ihmisryhmiin ja liiketoiminnan harjoittajiin. Riskien kohdentumista eri ihmisryhmiin tulisi täydentää tarkastelemalla aihetta muun muassa oikeudenmukaisuuden ja hyväksyttävyyden näkökulmasta.

6. LÄHTEET

Luvut 1–2

Aapala, K., Akujärvi, A., Heikkinen, R., Kuhmonen, A., Kuusela, S., Leikola, N., Mikkonen, N., Ojala, O., Punttila, P., Pöyry, J., Raunio, A., Syrjänen, K., Vihervaara, P. & Virkkala, R. 2017 Suojelualueverkosto muuttuvassa ilmastossa – esiselvitys. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 23/2017, Helsinki. 153 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>

Arnkil, N., Juntunen, R., Lilja-Rothsten, S. & Laukkonen, E. 2016. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen yksityisellä sektorilla. Tapio Oy. 22 s. http://tapio.fi/wp-content/uploads/2017/04/Ilmastonmuutokseen-sopeutuminen-yksityisella-sektorilla_loppuraportti.pdf

Coupled Model Intercomparison Phase 5 <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>

Euroopan unionin kannalta merkityksellisten haitallisten vieraslajien luettelo (päivitetty 14.8.2017) <http://vieraslajit.fi/fi/content/euroopan-unionin-kannalta-merkityksellisten-haitallisten-vieraslajien-luettelo> (viitattu 17.7.2018)

Finland's Seventh National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2017. Ministry of the Environment and Statistics Finland, Helsinki. 314 p. https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nc7_final.pdf

Gregow, H., Carter, T., Groundstroem, F., Haavisto, R., Haanpää, S., Halonen, M., Harjanne, A., Hildén, M., Jakkila, J., Juhola, S., Jurgilevich, A., Kokko, A., Kollanus, V., Lanki, T., Luhtala, S., Miittinen, I., Mäkelä, A., Nurmi, V., Oljemark, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Perrels, A., Pilli-Sihvola, K., Punkka, A.-J., Raivio, T., Räsänen, A., Säntti, K., Tuomenvirta, H., Veijalainen, N. & Zacheus, O. 2016. Keinot edistää sää- ja ilmatoriskien hallintaa. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 47/2016. 36 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

Hildén, M., Groundstroem, F., Carter, T. R., Halonen, M., Perrels, A. & Gregow, H. 2016. Ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset Suomeen. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 46/2016. 62 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

Hildén M., Harjanne, A., Juhola, S., Luhtala, S., Mäkinen K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Tuomenvirta H. 2018. Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmatoriskien arviointien järjestämiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2018

Ilmasto-opas: Sopeutumiskyky ja haavoittuvuus -karttatyökalu (Suomen ympäristökeskus) <http://ilmasto-opas.fi/fi/datat/sopeutumiskyky-ja-haavoittuvuus> (viitattu 16.7.2018)

Impacts and Risks from High-End Scenarios: Strategies for Innovative Solutions -hanke (IMPRESSIONS) <http://www.impressions-project.eu/> (viitattu 16.7.2018)

IPCC. 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 p. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

IPCC. 2014a. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., White, L. L. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 32 p. http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf

IPCC. 2014b. Fifth Assessment Report (AR5). <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> (viitattu 16.7.2018)

Jurgilevich, A., Räsänen, A., Groundstroem, F., & Juhola, S. 2017. A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments. Environmental Research Letters, 12(1), 013002. 15 p. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5508>

- Jylhä, K., Jokisalo, J., Ruosteenoja, K., Pilli-Sihvola, K., Kalamees, T., Seitola, T., Mäkelä, H. M., Hyvönen, R., Laapas, M. & Drebs, A. 2015. Energy demand for the heating and cooling of residential houses in Finland in a changing climate. *Energy and Buildings*, 99: 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.001>
- Kämäräinen, M., Vajda, A. & Gregow, H. 2016a. Freezing rain. In: Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe: 104–111. http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf
- Kämäräinen, M., Vajda, A., Hyvärinen, O., Lehtonen, I. & Jylhä, K. 2016b: Future projections of freezing rain climatology in Europe. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 13, EMS2016-399-1, 2016, 16th EMS/11th ECAC. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2016/EMS2016-399-1.pdf>
- Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. & Jylhä, K. 2014. Projected changes in European extreme precipitation indices on the basis of global and regional climate model ensembles, *International Journal of Climatology*, 34(4): 1208–1222. <http://doi.org/10.1002/joc.3758>
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Laitila, J., Strahlendorff, M., Kämäräinen, M., Aalto, J., Vajda, A., Gregow, H., & Peltola, H. 2017. High-resolution projections for soil frost conditions in Finland with regard to timber harvesting and transport availability. EMS Annual Meeting Abstracts, Dublin, Ireland, 4–8 September 2017. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2017/EMS2017-250.pdf>
- Luomaranta, A., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Gregow, H., Haapala, J. & Laaksonen, A. 2014. Multi-model estimates of the changes in the Baltic Sea ice cover during the present century. *Tellus Series A-dynamic Meteorology and Oceanography*, 66(1). 17 p. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.22617>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2013. Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian arviointi. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio, 5/2013, Helsinki. 123 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-804-6>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2014. Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelma 2022. Valtioneuvoston periaatepäätös 20.11.2014. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 5/2014, Helsinki. 39 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80301>
- Mäkelä, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Tuomenvirta, H., Jylhä, K. & Drebs, A. 2016. Ilmastonmuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:8. [28 s. https://helda.helsinki.fi/handle/10138/170155](https://helda.helsinki.fi/handle/10138/170155)
- Paunio M. 2014. Miksi olemme kehitysmaita paremmin suojassa ilmastonmuutokselta? *Ympäristö ja Terveys -lehti* 6, 2014.
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T. & Kumpula, J. 2017a. Sopeutumisen tila 2017: Ilmastokestävyuden tarkastelut maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, 18/2017. 87 s. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Hildén, M., Parjanne, A., Pöyry, J., Haavisto, R. & Tuomenvirta, H. 2018. Ilmastokestävyyttä ja sääriskien hallintaa luonnonvara-alojen pitkäaikaisaineistojen turvin. Policy Brief. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja, 20/2018. 6 s. <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=26801>
- Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K., Kahma, K. 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research*, 157: 32–42. <http://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>
- Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Nurmi, V., Oljemark, K., Tuomenvirta, H., Groundstroem, F., Juhola, S., Miettinen, I. & Gregow, H. 2016a. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmatoriskien hallintaa Suomessa. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 45/2016. 68 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

- Pilli-Sihvola, K., Harjanne, A., Haavisto, R. 2017. Adaptation by the least vulnerable: Managing climate and disaster risks in Finland. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 15.12.2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.12.004>
- Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R., & Votsis, A. 2018. Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala. *Kaupunkiympäristön julkaisuja*, 2018:6. 93 s. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>
- Puolustusministeriö. 2010 Yhteiskunnan turvallisuusstrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 16.12.2010. Puolustusministeriö, Helsinki. 93 s. http://www.defmin.fi/files/1705/yts_2010_fi_nettiin.pdf
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Da Silva, L. A., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J. C., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A., Tavoni, M.. 2017. The Shared Socio-economic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42: 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A. & Kämäräinen, M. 2015. Projections for the duration and degree days of the thermal growing season in Europe derived from CMIP5 model output. *International Journal of Climatology*, 36(8): 3039–3055. <http://doi.org/10.1002/joc.4535>
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, 51(1): 17–50. www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf
- Ruosteenoja, K., Markkanen, T., Venäläinen, A., Räisänen, P. & Peltola, H. 2017: Seasonal soil moisture and drought occurrence in Europe in CMIP5 projections for the 21st century. *Climate Dynamics*, 50(1–2). <http://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>
- Räisänen, J. 2016. Twenty-first century changes in snowfall climate in Northern Europe in ENSEMBLES regional climate models. *Climate Dynamics*, 46(1–2): 339–353. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2587-0>
- Sisäministeriö: Kansallinen riskiarvio <https://intermin.fi/pelastustoimi/varautuminen/kansallinen-riskiarvio> (viitattu 10.7.2018)
- Sisäministeriö. 2016. Suomen kansallinen riskiarvio 2015. Sisäministeriön julkaisu, 3/2016, Helsinki. 95 s. <http://urn.fi/URN:ISBN978-952-324-059-9>
- Sorvali, J. 2013. Ilmastomuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHp0f>
- Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit -hanke (SIETO) <http://ilmatiiteenlaitos.fi/sieto-hanke> (viitattu 10.7.2018)
- Tuomenvirta ym. 2018 Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja seuranta on panostus turvallisuuteen ja hyvinvointiin. Policy Brief. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja. 4 s. <https://tieto-kayttoon.fi/julkaisut/artikkelit>
- UNISDR. 2015. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). 32 p. <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>
- Valtioneuvoston kanslia. 2017. Valtioneuvoston yhteiset muutostekijät. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 14/2017, Helsinki. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-458-0>
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastomuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 16/2012. 138 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38789>

3.1.1 Luonnon monimuotoisuus

- Aalto, J., Harrison, S. & Luoto, M. 2017. Statistical modelling predicts almost complete loss of major periglacial processes in Northern Europe by 2100. *Nature Communications*, 8, 515. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00669-3>
- Aapala, K., Akujärvi, A., Heikkinen, R., Kuhmonen, A., Kuusela, S., Leikola, N., Mikkonen, N., Ojala, O., Punttila, P., Pöyry, J., Raunio, A., Syrjänen, K., Vihervaara, P. & Virkkala, R. 2017 Suojelualueverkosto muuttuvassa ilmastossa – esiselvitys. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 23/2017, Helsinki. 153 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>
- Bergström, I., Mattsson, T., Niemelä, E., Vuorenmaa, J. & Forsius, M. 2011. Ekosysteemipalvelut ja elinkeinot – haavoittuvuus ja sopeutuminen muuttuvaan ilmastoon. VACCIA-hankkeen yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 26/2011: 1–74. <http://hdl.handle.net/10138/37028>
- Davidson, R. K., Romig, T., Jenkins, E., Tryland, M. & Robertson, L. J. 2012. The impact of globalisation on the distribution of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in Parasitology*, 28(6): 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.03.004>
- Eskildsen, A., le Roux, P. C., Heikkinen, R. K., Høye, T. T., Kissling, W. D., Pöyry, J., Wisz, M. S. & Luoto, M. 2013. Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. *Global Ecology and Biogeography*, 22(12): 1293–1303. <https://doi.org/10.1111/geb.12078>
- Fridley, J. D., Lynn, J. S., Grime, J. P. & Askew, A. P. 2016. Longer growing seasons shift grassland vegetation towards more-productive species. *Nature Climate Change*, 6: 865–868. https://www.nature.com/articles/nclimate3032?WT.feed_name=subjects_grassland-ecology
- Forsius, M., Anttila, S., Arvola, L., Bergström, I., Hakola, H., Heikkinen, H. I., Helenius, J., Hyvärinen, M., Jylhä, K., Karjalainen, J., Keskinen, T., Laine, K., Nikinmaa, E., Peltonen-Sainio, P., Rankinen, K., Reinikainen, M., Setälä, H. & Vuorenmaa, J. 2013. Impacts and adaptation options of climate change on ecosystem services in Finland: a model based study. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1): 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.01.001>
- Fronzek, S., Carter, T. R., Raisanen, J., Ruokolainen, L. & Luoto, M. 2010. Applying probabilistic projections of climate change with impact models: a case study for sub-arctic peatlands in Fennoscandia. *Climatic Change*, 99(3–4): 515–534. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-009-9679-y>
- Gillingham, P. K., Alison, J., Roy, D. B., Fox, R. & Thomas, C. D. 2015. High abundances of species in protected areas in parts of their geographic distributions colonized during a recent period of climatic change. *Conservation Letters*, 8(2): 97–106. <https://doi.org/10.1111/conl.12118>
- Hannah, L., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R. & Williams, P. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3): 131–138. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[131:PANIAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[131:PANIAC]2.0.CO;2)
- Heikkinen, R. K., Luoto, M., Araújo, M. B., Virkkala, R., Thuiller, W. & Sykes, M. T. 2006. Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography*, 30(6): 751–777. <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>
- Heikkinen, R. K., Pöyry, J., Fronzek, S. & Leikola, N. 2012. Ilmastomuutos ja vieraslajien leviäminen Suomeen. Tutkimustiedon synteesi ja suurilmastollinen vertailu. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 7/2012. 117 s. <http://hdl.handle.net/10138/38721>
- Heikkinen, R.K., Pöyry, J., Virkkala, R., Bocedi, G., Kuussaari, M., Schweiger, O., Settele, J. & Travis, J. M. J. 2015. Modelling potential success of conservation translocations of a specialist grassland butterfly. *Biological Conservation*, 192: 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.09.028>
- Heino, J., Virkkala, R. & Toivonen, H. 2008. Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews*, 84(1): 39–54. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00060.x>

- Holopainen, J., Helama, S., Lappalainen, H. & Gregow, H. 2013. Plant phenological records in northern Finland since the 18th century as retrieved from databases, archives and diaries for biometeorological research. *International Journal of Biometeorology*, 57(3): 423–435. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-012-0568-0>
- Huang, M., Piao, S., Janssens, I. A., Zhu, Z., Wang, T., Wu, D., Ciais, P., Myneni, R. B., Peaucelle, M., Peng, S., Yang, H. & Peñuelas, J. 2017. Velocity of change in vegetation productivity over northern high latitudes. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 1649–1654. <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0328-y>
- Hällfors, M. H., Aikio, S. & Schulman, L. E. 2017. Quantifying the need and potential of assisted migration. *Biological Conservation*, 205: 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.023>
- Jonzen, N., Linden, A., Ergon, T., Knudsen, E., Vik, J. O., Rubolini, D., Piacentini, D., Brinch, C., Spina, F., Karlsson, L., Stervander, M., Andersson, A., Waldenstrom, J., Lehikoinen, A., Edvardsen, E., Solvang, R. & Stenseth, N. C. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. *Science*, 312(5782): 1959–1961. <https://doi.org/10.1126/science.1126119>
- Kellomäki, S., Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K. T. & Strandman, H. 2008. Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1501): 2339–2349. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>
- Laaksonen, T. & Lehikoinen, A. 2013. Population trends in boreal birds: Continuing declines in agricultural, northern, and long-distance migrant species. *Biological Conservation*, 168: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.09.007>
- Laki vieraslajeista aiheutuvien riskien hallinnasta (1709/2015) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151709>
- Lehikoinen, A. & Virkkala, R. 2016. North by north-west: climate change and directions of density shifts in birds. *Global Change Biology*, 22(3): 1121–1129. <https://doi.org/10.1111/gcb.13150>
- Lehikoinen, A., Jaatinen, K., Vahatalo, A. V., Clausen, P., Crowe, O., Deceuninck, B., Hearn, R., Holt, C. A., Hornman, M., Keller, V., Nilsson, L., Langendoen, T., Tomankova, I., Wahl, J. & Fox, A. D. 2013. Rapid climate driven shifts in wintering distributions of three common waterbird species. *Global Change Biology*, 19(7): 2071–2081. <https://doi.org/10.1111/gcb.12200>
- Leinonen, R., Pöyry, J., Söderman, G. & Tuominen-Roto, L. 2016. Suomen yöperhosseuranta (Nocturna) 1993-2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 15/2016. 71 s. <http://hdl.handle.net/10138/161221>
- Luoto, M., Heikkinen, R.K. & Carter, T. R. 2004. Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environmental Conservation*, 31(1): 30–37. <https://doi.org/10.1017/S0376892904001018>
- Mazziotta, A., Trivino, M., Tikkanen, O. P., Kouki, J., Strandman, H. & Mönkkönen, M. 2015. Applying a framework for landscape planning under climate change for the conservation of biodiversity in the Finnish boreal forest. *Global Change Biology*, 21(2): 637–651. <https://doi.org/10.1111/gcb.12677>
- Olofsson, J., Oksanen, L., Callaghan, T., Hulme, P. E., Oksanen, T. & Suominen, O. 2009. Herbivores inhibit climate-driven shrub expansion on the tundra. *Global Change Biology*, 15(11): 2681–2693. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01935.x>
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T. & Kumpula, J. 2017a. Sopeutumisen tila 2017 : Ilmastokestävyyden tarkastelut maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, 18/2017. 87 s. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>
- Pöyry, J., Luoto, M., Heikkinen, R. K., Kuussaari, M. & Saarinen, K. 2009. Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology*, 15(3): 732–743. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>

Pöyry, J., Leinonen, R., Söderman, G., Nieminen, M., Heikkinen, R. K. & Carter, T. R. 2011. Climate-induced increase of moth multivoltinism in boreal regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(2): 289–298. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00597.x>

Sorvali, J. 2013. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHp0f>

Tainio, A., Heikkinen, R. K., Heliölä, J., Hunt, A., Watkiss, P., Fronzek, S., Leikola, N., Lötjönen, S., Mashkina, O. & Carter, T. R. 2016. Conservation of grassland butterflies in Finland under a changing climate. *Regional Environmental Change*, 16(1): 71–84. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0684-y>

Thomas, C. D. & Gillingham, P. K. 2015. The performance of protected areas for biodiversity under climate change. *Biological Journal of the Linnean Society*, 115(3): 718–730. <https://doi.org/10.1111/bij.12510>

Valtioneuvoston asetus kansallisesti merkityksellisistä haitallisista vieraslajeista (1725/2015) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151725>

Vanhanen, H., Veteli, T. O., Päivinen, S., Kellomäki, S. & Niemelä, J. 2007. Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study. *Silva Fennica*, 41(4): 621–638. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-ELE-1400631>

Vieraslajiportaali <http://vieraslajit.fi> (viitattu 17.7.2018)

Virkkala, R. & Lehikoinen, A. 2014. Patterns of climate-induced density shifts of species: poleward shifts faster in northern boreal birds than in southern birds. *Global Change Biology*, 20(10): 2995–3003. <https://doi.org/10.1111/gcb.12573>

Virkkala, R. & Lehikoinen, A. 2017. Birds on the move in the face of climate change: High species turnover in northern Europe. – *Ecology and Evolution* 7(20): 8201–8209. <https://doi.org/10.1002/ece3.3328>

Virkkala, R. & Rajasärkkä, A. 2011a. Climate change affects populations of northern birds in boreal protected areas. *Biology Letters*, 7(3): 395–398. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1052>

Virkkala, R. & Rajasärkkä, A. 2011b. Northward density shift of bird species in boreal protected areas due to climate change. *Boreal Environment Research (suppl. B)*, 16: 2–13. <http://hdl.handle.net/10138/232780>

Virkkala, R., Heikkinen, R. K., Leikola, N. & Luoto, M. 2008. Projected large-scale range reductions of northern-boreal land bird species due to climate change. *Biological Conservation*, 141(5): 1343–1353. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.03.007>

Virkkala, R., Marmion, M., Heikkinen, R. K., Thuiller, W. & Luoto, M. 2010. Predicting range shifts of northern bird species: Influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica*, 36 (3): 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.01.006>

Virkkala, R., Heikkinen, R. K., Lehikoinen, A. & Valkama, J. 2014. Matching trends between recent distributional changes of northern-boreal birds and species-climate model predictions. *Biological Conservation*, 172: 124–127. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.041>

Välimäki, K., Lindén, A. & Lehikoinen, A. 2016. Velocity of density shifts in Finnish landbird species depends on their migration ecology and body mass. *Oecologia*, 181(1): 313–321. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3525-x>

3.1.2 Vesivarat ja Vesihuolto

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. Rankkasaiteet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 31/2008. 123 s. <http://hdl.handle.net/10138/38381>

Aaltonen, J., Veijalainen N. & Huokuna M. 2010. The effect of climate change on frazil ice jam formation in the Kokemäenjoki River. 20th IAHR International Symposium on Ice, Lahti, Finland, June 14 to 18, 2010. 12 p. http://www.riverice.ca/IAHR%20Proc/20th%20Ice%20Symp%20Lahti%202010/Papers/133_Aaltonen.pdf

- Huttunen, I., Lehtonen, H., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Veijalainen, N., Viitasalo, M. & Vehviläinen, B. 2015. Effect of climate change and agricultural adaptation on the nutrient loading from Finnish watersheds to the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, 529: 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.055>
- Johansson, M. M., Pellikka, H., Kahma, K. K., & Ruosteenoja, K. 2014. Global sea level rise scenarios adapted to the Finnish coast. *Journal of Marine System*, 129: 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.08.007>
- Jormola, J., Vienonen, S. & Ristimäki, M. 2016. Vesihuoltoverkostojen tila ja riskien hallinta (VERTI) Rankkasateiden hallinta ja hulevedet. Maanpäällisten hulevesien hallintakeinojen edistäminen. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 23. s. <http://www.syke.fi/download/noname/%7BA47F0704-7558-4025-B2E9-F09ECABB0380%7D/125854>
- Kahma, K., Pellikka, H., Leinonen, K., Leijala, U. & Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2014:6. 48 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>
- Liikanen, R. 2018. Kommentti artikkelissa Ilmastonmuutos runtelee Suomen pellot ja vesi-infran (Tekniikka & Talous 20.1.2018) (viitattu 23.7.2018) https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/ilmastonmuutos-runtelee-suomen-pellot-ja-vesi-infran-tama-on-jatkuvaa-taistelua-6697226
- Meier, H. E. M., Hordoir, R., Andersson, H. C., Dieterich, C., Eilola, K., Gustafsson, B. G., Höglund, A. & Schimanke, S. 2012. Modeling the combined impact of changing climate and changing nutrient loads on the baltic sea environment in an ensemble of transient simulations for 1961–2099. *Climate Dynamics* 2012(9–10), 39: 2421–2441. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-012-1339-7>
- Ollila, M., Virta, H. & Hyvärinen, V. 2000. Suurtulvaselvitys. Arvio mahdollisen suurtulvan aiheuttamista vahingoista Suomessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 441. 138 s. <http://hdl.handle.net/10138/40504>
- Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K. & Kahma, K. K. 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research*, 57: 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>
- Rapala, J., Robertson, A., Negri, A., Berg, K., Tuomi, P., Lyra, C., Erkomaa, K., Lahti, K., Hoppu, K. & Lepistö, L. 2005. First report of saxitoxin in Finnish lakes and possible associated effects on human health. *Environmental Toxicology*, 20(3): 331–340. <https://doi.org/10.1002/tox.20109>
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, 51(1): 17–50. http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf
- Sorvali, J. 2013. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHp0f>
- Veijalainen, N. & Vehviläinen, B. 2008. Ilmastonmuutos ja patoturvallisuus- vaikutus mitoitustulviin. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristö, 21/2008. 123 s. <http://hdl.handle.net/10138/38377>
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos-vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen, WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 16/2012. 138 s. <http://hdl.handle.net/10138/38789>
- Vienonen, S., Rintala, J., Orvoma, M., Santala, E. & Maunula, M. 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki Suomen ympäristö, 24/2012. 86 s. <http://hdl.handle.net/10138/38739>

3.1.3 Luonnonvarat

- Alakukku, L. & Peltonen-Sainio, P. 2014. Peltoviljelyn vesitalouden hallinnan käytännön toimet energian ja ravinteiden käytön tehostamiseksi ilmaston muuttuessa. VEHMAS-hankkeen loppuraportti. 15 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014110646090>

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., Kimball, B. A., Ottman, M. J., Wall, G. W., White, J. W., Reynolds, M. P., Alderman, P. D., Prasad, P. V. V., Aggarwal, P. K., Anothai, J., Basso, B., Biernath, C., Challinor, A. J., De Sanctis, G., Doltra, J., Fereres, E., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Hoogenboom, G., Hunt, L. A., Izaurre, R. C., Jabloun, M., Jones, C. D., Kersebaum, K. C., Koehler, A.-K., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O'Leary, G., Olesen, J. E., Palosuo, T., Priesack, E., Rezaei, E., Eyshi, Semenov, M. A., Shcherbak, I., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Thorburn, P. J., Waha, K., Wang, E., Wallach, E., Wolf, J., Zhao, Z. & Zhu, Y. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5: 143–147.
<http://doi.org/10.1038/nclimate2470>

Eschen, R., Holmes, T., Smith, D., Roques, A., Santini, A. & Kenis, M. 2014. Likelihood of establishment of tree pests and diseases based on their worldwide occurrence as determined by hierarchical cluster analysis. *Forest Ecology and Management*, 315: 103–111.
<http://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.021>

Gregow, H., Peltola, H., Laapas, M., Saku, S. & Venäläinen, A. 2011. Combined occurrence of wind, snow loading and soil frost with implications for risks to forestry in Finland under the current and changing climatic conditions. *Silva Fennica*, 45(1): 35–54. <http://doi.org/10.14214/sf.30>

Hakala, K., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, M. & Peltonen-Sainio, P. 2011. Pests and diseases in a changing climate a major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science*, 20(1): 3–14. <http://doi.org/10.2137/145960611795163042>

Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S. J., Rötter, R., Salo, T. & Kahiluoto, H. 2012. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *The Journal of Agricultural Science*, 150(2): 145–160.
<http://doi.org/10.1017/S0021859611000694>

Hannukkala, A. 2011. Examples of alien pathogens in Finnish potato production – their introduction, establishment and consequences. *Agricultural and Food Science*, 20(1): 42–61.
<http://doi.org/10.2137/145960611795163024>

Hannukkala, A. O., Kaukoranta, T., Lehtinen, A. & Rahkonen, A. 2007. Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933–2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. *Plant Pathology*, 56(1): 167–176. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01451.x>

Henttonen, H. M., Mäkinen, H., Heiskanen, J., Peltoniemi, M., Laurén, A. & Hordo, M. 2014. Response of radial increment variation of Scots pine to temperature, precipitation and soil water content along a latitudinal gradient across Finland and Estonia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198–199: 294–308. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.09.004>

Himanen, S. J., Hakala, K. & Kahiluoto, H. 2013a. Crop responses to climate and socioeconomic change in northern regions. *Regional Environmental Change*, 13(1): 17–32.
<http://doi.org/10.1007/s10113-012-0308-3>

Himanen, S., Ketoja, E., Hakala, K., Rötter, R., Salo, T. & Kahiluoto, H. 2013b. Cultivar diversity has great potential to increase yield of feed barley. *Agronomy for Sustainable Development* (Springer Science & Business Media B.V.), 33(3): 519–530. <http://doi.org/10.1007/s13593-012-0120-y>

Ingvordsen, C., Backes, G., Lyngkjær, M., Peltonen-Sainio, P., Jahoor, A., Mikkelsen, T. & Jørgensen, R. 2015a. Genome-wide association study of production and stability traits in barley cultivated under future climate scenarios. *Molecular Breeding*, 35(84): 1–14. <http://doi.org/10.1007/s11032-015-0283-8>

Ingvordsen, C. H., Backes, G., Lyngkjær, M. F., Peltonen-Sainio, P., Jensen, J. D., Jalli, M., Jahoor, A., Rasmussen, M., Mikkelsen, T. N., Stockmarr, A. & Jørgensen, R. B. 2015b. Significant decrease in yield under future climate conditions: Stability and production of 138 spring barley accessions. *European Journal of Agronomy*, 63: 105–113. <http://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.003>

Jalli, M., Laitinen, P. & Latvala, S. 2011. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agricultural and Food Science*, 20(1): 62–73.
<http://doi.org/10.2137/145960611795163015>

- Jyske, T., Holttä, T., Mäkinen, H., Nöjd, P., Lumme, I. & Spiecker, H. 2010. The effect of artificially induced drought on radial increment and wood properties of Norway spruce. *Tree Physiology* 30(1): 103–115. <http://doi.org/10.1093/treephys/tpp099>
- Kellomäki, S., Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K. T. & Strandman, H. 2008. Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1501): 2341–2351. <http://doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>
- Kellomäki, S., Maajärvi, M., Strandman, H., Kilpeläinen, A. & Peltola, H. 2010. Model computations on the climate change effects on snow cover, soil moisture and soil frost in the boreal conditions over Finland. *Silva Fennica*, 44(2): 213–233. <http://doi.org/10.14214/sf.455>
- Kilpeläinen A, Kellomäki S, Strandman H, Venäläinen A. Climate change impacts on forest fire potential in boreal conditions in Finland. *Clim Change* 2010;103(3):383-398. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9788-7>
- Laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20131087>
- Lehtonen I, Ruosteenoja K, Venäläinen A, Gregow H. The projected 21st century forest-fire risk in Finland under different greenhouse gas scenarios. *Boreal Environ Res* 2014;19(2):127-139. <http://hdl.handle.net/10138/228540>
- Lehtonen I, Venäläinen A, Kämäräinen M, Peltola H, Gregow H. Risk of large-scale fires in boreal forests of Finland under changing climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2016;16(1):239-253. <https://erepo.uef.fi/handle/123456789/542>
- Lemmetty, A., Laamanen, J., Soukainen, M. & Tegel, J. 2011. Emerging virus and viroid pathogen species identified for the first time in horticultural plants in Finland in 1997–2010. *Agricultural and Food Science*, 20(1): 29–41. <http://doi.org/10.2137/145960611795163060>
- Linares, J. C., Camarero, J. J., Bowker, M. A., Ochoa, V. & Carreira, J. A. 2010. Stand-structural effects on *Heterobasidion abietinum*-related mortality following drought events in *Abies pinsapo*. *Oecologia*, 164(4): 1107–1119. <http://doi.org/10.1007/s00442-010-1770-6>
- Liu, X., Lehtonen, H., Purola, T., Pavlova, Y., Rötter, R. & Palosuo, T. 2016. Dynamic economic modelling of crop rotations with farm management practices under future pest pressure. *Agricultural Systems*, 144: 65–76. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.003>
- Mäkelä HM. Estimates of past and future forest fire danger in Finland from a climatological viewpoint. 2015; Contributions 112. <http://hdl.handle.net/10138/153233>
- Müller, M., Hantula, J., Henttonen, H., Huitu, O., Kaitera, J., Matala, J., Neuvonen, S., Piri, T., Sievänen, R., Viiri, H. & Vuorinen, M. 2012. Metsien terveys. Metlan työraportteja, 240: 121–153. http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.5.pdf
- Müller, M. M., Sievänen, R., Beuker, E., Meesenburg, H., Kuuskeri, J., Hamberg, L. & Korhonen, K. 2014. Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest Pathology*, 44(4): 325–336. <http://doi.org/10.1111/efp.12104>
- Müller, M. M., Hamberg, L., Kuuskeri, J., Laporta, N., Pavlov, I. & Korhonen, K. 2015. Respiration rate determinations suggest *Heterobasidion parviporum* subpopulations have potential to adapt to global warming. *Forest Pathology*, 45(6): 515–524. <http://doi.org/10.1111/efp.12203>
- Mäkinen, H., Nöjd, P. & Mielikäinen, K. 2001. Climatic signal in annual growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in southern Finland. *Trees - Structure and Function*, 15(3): 177–185. <http://doi.org/10.1007/s004680100089>
- Mäkinen, H., Nöjd, P., Jyske, T., Mielikäinen, K., Kalliokoski, T., Repo, T. & Lumme, I. 2012. Kuusen kasvu muuttuvassa ilmastossa. *Metsätieteen Aikakauskirja*, 4: 307–311. <http://doi.org/10.14214/ma.6489>

- Mäkinen, H., Kaseva, J., Virkajärvi, P. & Kahiluoto, H. 2015. Managing resilience of forage crops to climate change through response diversity. *Field Crops Research*, 183: 23–30. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.006>
- Nuorteva, M. & Nuorteva, H. 2007. Hävinneeksi luokitellun koivutuholaisen, pulskamailapistiäisen massaesiintymä Ylämaalla. *Metsätieteen Aikakauskirja*, 3. <http://doi.org/10.14214/ma.6412>
- Palosuo, T., Rötter, R., Salo, T., Peltonen-Sainio, P., Tao, F. & Lehtonen, H. 2015. Effects of climate and historical adaptation measures on barley yield trends in Finland. *Climate Research*, 65: 221–236. <http://doi.org/10.3354/cr01317>
- Parikka, P., Hakala, K. & Tiilikkala, K. 2012. Expected shifts in *Fusarium* species' composition on cereal grain in Northern Europe due to climate change. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 29: 1543–1555. <http://doi.org/10.1080/19440049.2012.680613>
- Peltola, H., Ikonen, V.-., Gregow, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Venäläinen, A. & Kellomäki, S. 2010. Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland. *Forest Ecology and Management*, 260(5): 833–845. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.001>
- Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. 2014. Lessons from the past in weather variability: sowing to ripening dynamics and yield penalties for northern agriculture from 1970 to 2012. *Regional Environmental Change*, 14(4): 1505–1516. <http://doi.org/10.1007/s10113-014-0594-z>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Trnka, M., Olesen, J. E., Calanca, P., Eckersten, H., Eitzinger, J., Gobin, A., Kersebaum, K. C., Kozyra, J., Kumar, S., Marta, A. D., Micale, F., Schaap, B., Seguin, B., Skjelvågo, A. O. & Orlandini, S. 2010. Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(4): 483–489. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2010.09.006>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Hakala, K. 2011. Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 149(1): 49–62. <http://doi.org/10.1017/S0021859610000791>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Niemi, J., Hakala, K. & Sipiläinen, T. 2013. Do farmers rapidly adapt to past growing conditions by sowing different proportions of early and late maturing cereals and cultivars? *Agricultural and Food Science*, 22(3): 331–341. <http://hdl.handle.net/10138/165404>
- Peltonen-Sainio, P., Laurila, H., Jauhiainen, L. & Alakukku, L. 2015a. Proximity of waterways to Finnish farmlands and associated characteristics of regional land use. *Agricultural and Food Science*, 24(1): 24–38. <http://hdl.handle.net/10138/165416>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Alakukku, L. 2015b. Stakeholder perspectives for switching from rainfed to irrigated cropping systems at high latitudes. *Land use Policy*, 42: 586–593. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.019>
- Peltonen-Sainio, P., Pirinen, P., Mäkelä, H. M., Hyvärinen, O., Huusela-Veistola, E., Ojanen, H. & Venäläinen, A. 2016a. Spatial and temporal variation in weather events critical for boreal agriculture: I Elevated temperatures. *Agricultural and Food Science*, 25(1): 44–56. <https://journal.fi/afs/article/view/51465>
- Peltonen-Sainio, P., Pirinen, P., Mäkelä, H. M., Ojanen, H. & Venäläinen, A. 2016b. Spatial and temporal variation in weather events critical for boreal agriculture: II Precipitation. *Agricultural and Food Science*, 25(1): 57–70. <https://journal.fi/afs/article/view/51466>
- Peltonen-Sainio, P., Venäläinen, A., Mäkelä, H. M., Pirinen, P., Laapas, M., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Ojanen, H., Korhonen, P., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Hakala, K., Kaukoranta, T. & Virkajärvi, P. 2016c. Harmfulness of weather events and the adaptive capacity of farmers at high latitudes of Europe. *Climate Research*, 67(3): 221–240. <http://doi.org/10.3354/cr01378>
- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J., Müller, M., Huitu, O., Neuvonen, S., Nummelin, T., Rummukainen, A., Hynynen, J., Sievänen, R., Helle, P., Rask, M., Vehanen, T. & Kumpula, J. 2017a. Sopeutumisen tila

- 2017: Ilmastokestävyuden tarkastelut maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2017. 87 s. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/538722>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Sorvali, J. 2017b. Diversity of high-latitude agricultural landscapes and crop rotations: increased, decreased or back and forth? *Agricultural Systems*, 154: 25–33. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.011>
- Piri, T. & Valkonen, S. 2013. Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(9): 872–877. <http://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0052>
- Pirttioja, N., Carter, T. R., Fronzek, S., Bindi, M., Hoffmann, H., Palosuo, T., Ruiz-Ramos, M., Tao, F., Trnka, M., Acutis, M., Asseng, S., Baranowski, P., Basso, B., Bodin, P., Buis, S., Cammarano, D., Deligios, P., Destain, M.-F., Dumont, B., Ewert, F., Ferrise, R., François, L., Gaiser, T., Hlavinka, P., Jacquemin, I., Kersebaum, K. C., Kollas, C., Krzyszczak, J., Lorite, I. J., Minet, J., Minguéz, M. I., Montesino, M., Moriondo, M., Müller, C., Nendel, C., Öztürk, I., Perego, A., Rodríguez, A., Ruane, A. C., Ruget, F., Sanna, M., Semenov, M. A., Slawinski, C., Stratonovitch, P., Supit, I., Waha, K., Wang, E., Wu, L., Zhao, Z. & Rötter R. P. 2015. Temperature and precipitation effects on wheat yield across a European transect: a crop model ensemble analysis using impact response surfaces. *Climate Research*, 65: 87–105. <http://doi.org/10.3354/cr01322>
- Pouttu, A. & Annala, E. 2010. 2010. Kirjanpainajalla kaksi sukupolvea kesällä 2010. *Metsätieteen Aikakauskirja*, 4: 521–523. <http://doi.org/10.14214/ma.6951>
- Roy, B. A., Güsewell, S. & Harte, J. 2004. Response of plant pathogens and herbivores to a warming experiment. *Ecology*, 85(9): 2570–2581. <http://doi.org/10.1890/03-0182>
- Saikkonen, K., Taulavuori, K., Hyvönen, T., Gundel, P. E., Hamilton, C. E., Vänninen, I., Nissinen, A. & Helander, M. 2012. Climate change-driven species' range shifts filtered by photoperiodism. *Nature Climate Change*, 2: 239–242. <http://doi.org/10.1038/nclimate1430>
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M. L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabò, I., Tsopeles, P., Vannini, A., Vettraino, A. M., Webber, J., Woodward, S. & Stenlid, J. 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197(1): 238–250. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x>
- Savage, V. M., Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B. & Charnov, E. L. 2004. Effects of body size and temperature on population growth. *American Naturalist*, 163(3): 429–441. <http://doi.org/10.1086/381872>
- Sutinen, S., Roitto, M., Lehto, T. & Repo, T. 2014. Simulated snowmelt and infiltration into frozen soil affected root growth, needle structure and physiology of Scots pine saplings. *Boreal Environment Research*, 19(4): 281–294. <http://hdl.handle.net/10138/228600>
- Tao, F., Rötter, R. P., Palosuo, T., Höhn, J., Peltonen-Sainio, P., Rajala, A. & Salo, T. 2015. Assessing climate impacts on wheat yield and water use in Finland using a super-ensemble-based probabilistic approach. *Climate Research*, 65: 23–37. <http://doi.org/10.3354/cr01318>
- Trnka, M., Olesen, J., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vučetić, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozyra, J., Alexandrov, V., Semerádová, D. & Žalud, Z. 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17(7): 2298–2318. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x>
- Valtioneuvoston asetus puutavaran poiskuljettamista koskevasta aluejaosta (1309/2013) <http://finlex.fi/laki/alkup/2013/20131309>
- Vanhanen, H., Veteli, T. O., Päivinen, S., Kellomäki, S. & Niemelä, P. 2007. Climate change and range shifts in two insect defoliators: Gypsy moth and nun moth - A model study. *Silva Fennica*, 41(4): 621–638. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1400631>

Venäläinen A, Lehtonen I, Mäkelä A. Laaja-alaisia metsäpaloja mahdollistavat säätilanteet suomen ilmastossa. 2016;3. <http://hdl.handle.net/10138/161478>

Viiri, H. & Neuvonen, S. 2016. Kirjanpainajasta on tullut pysyvä ongelma Suomen kuusimetsille – Mitä olisi tehtävä? Kasvinsuojelulehti, 2: 57–61.

Vänninen, I., Worner, S., Huusela-Veistola, E., Tuovinen, T., Nissinen, A. & Saikkonen, K. 2011. Recorded and potential alien invertebrate pests in Finnish agriculture and horticulture. *Agricultural and Food Science*, 20(1): 96–114. <http://doi.org/10.2137/145960611795163033>

Ylhäisi, J. S., Tietäväinen, H., Peltonen-Sainio, P., Venäläinen, A., Eklund, J., Räisänen, J. & Jylhä, K. 2010. Growing season precipitation in Finland under recent and projected climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(7): 1563–1574. <http://doi.org/doi:10.5194/nhess-10-1563-2010>

Økland, B., Netherer, S. & Marini, L. 2015. The Eurasian spruce bark beetle: The role of climate. In: Björklund, C. ja Niemelä, P. (eds). 2015. *Climate Change and Insect Pests*. <http://doi.org/10.1079/9781780643786.0202>

3.2.1 Energia

Aaltola, M., Käpylä, J., Mikkola, H. & Behr, T. 2014. Towards the geopolitics of flows: Implications for Finland. Helsinki: The Finnish Institute of International Affairs, Helsinki. FIIA Report, 40. 213 p.

https://storage.googleapis.com/upi-live/2017/01/fiia_report_40_web.pdf

BCDC Energia -tutkimushanke <http://www.bcdcenergia.fi/> (viitattu 18.7.2018)

Energiatietoa: Keskeytystilastot 2010–2017 https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkon_keskeytystilastot_2010-2017.html#material-view

Energiavirasto. 2018. Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys, sähköverkon toimitusvarmuus ja valvonnan vaikuttavuus 2017. Energiavirasto, 1033/402/2018, Helsinki. 45 s. <https://bit.ly/2ulxDvy>

Ennakoiva lyhyen aikavälin sää-, talous- ja ilmatoriskien hallitseminen -tutkimushanke (ELASTINEN) <http://ilmatieteenlaitos.fi/elastinen> (viitattu 18.7.2018)

The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2015–2018 -tutkimusohjelma (SAFIR2018) <http://safir2018.vtt.fi/> (viitattu 18.7.2018)

Gregow, H., Carter, T., Groundstroem, F., Haavisto, R., Haanpää, S., Halonen, M., Harjanne, A., Hildén, M., Jakkila, J., Juhola, S., Jurgilevich, A., Kokko, A., Kollanus, V., Lanki, T., Luhtala, S., Miittinen, I., Mäkelä, A., Nurmi, V., Oljemark, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Perrels, A., Pilli-Sihvola, K., Punkka, A.-J., Raivio, T., Räsänen, A., Sääntti, K., Tuomenvirta, H., Veijalainen, N. & Zacheus, O. 2016. Keinot edistää sää- ja ilmatoriskien hallintaa. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2016. 36 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15406>

Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe. 165 s. http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_RE-PORT_final.pdf

Hildén, M., Groundstroem, F., Carter, T. R., Halonen, M., Perrels, A. & Gregow, H. 2016. Ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset Suomeen. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2016. 62 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

Jerez, S., Tobin, I., Vautard, R., Montávez, J. P., López-Romero, J. M., Thais, F., Bartok, B., Christensen, O. B., Colette, A., Déqué, M., Nikulin, G., Kotlarski, S., van Meijgaard, E., Teichmann, C. & Wild, M. 2015. The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe. *Nature Communications*, 6, 10014. 8 p. <https://doi.org/10.1038/ncomms10014>

Huoltovarmuusorganisaatio. 2014. Polttoainejakelun varmistaminen laajoissa ja pitkäkestoisissa sähkökatkoissa. 15 s. <http://docplayer.fi/4429388-Polttoaineenjakelun-varmistaminen-laajoissa-ja-pitka-kestoissa-sahkokatkoissa.html>

- IEA. 2017. Energy Outlook 2017. International Energy Agency. <http://www.iea.org/weo2017/#section-1-4>
- Jääskeläinen, J., Veijalainen, N., Syri, S., Marttunen, M. & Zakeri, B. 2018. Energy Security Impacts of a Severe Drought on the Future Finnish Energy System. *Journal of Environmental Management*, 217: 542–554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.017>
- Kestävä, ilmastoneutraali ja resurssitehokas metsäbiotalous -tutkimushanke (FORBIO) <http://www.uef.fi/fi/web/forbio> (viitattu 18.7.2018)
- Kämäräinen, M., Vajda, A. & Gregow, H. 2016a. Freezing rain. In: Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe: 104–111. http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf
- Kämäräinen, M., Vajda, A., Hyvärinen, O., Lehtonen, I. & Jylhä, K. 2016b: Future projections of freezing rain climatology in Europe. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 13, EMS2016-399-1, 2016, 16th EMS/11th ECAC. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EMS2016/EMS2016-399-1.pdf>
- Langenoja, M. 27.6.2017. Voimaloiden siivet ovat halkeilleet Porin Peittoossa. Satakunnan Kansa. <https://www.satakunnankansa.fi/kotimaa/voimaloiden-siivet-ovat-halkeilleet-porin-peittoossa-200228518/>
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Kämäräinen, M., Asikainen, A., Laitila, J., Anttila, P. & Peltola, H. 2018. Projected decrease in wintertime bearing capacity on different forest and soil types in Finland under a warming climate. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion papers*, <https://doi.org/10.5194/hess-2017-727>
- Onnettomuustutkintakeskus. 27.9.2011. Heinä-elokuun 2010 rajuilmat. Tutkintaselostus S2/2010Y <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostukset-vuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html> (viitattu 17.7.2018)
- Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2017. Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää – Älyverkkotyöryhmän väliraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, 38/2017, Helsinki. 65 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-243-9>
- Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K. & Kahma, K. K. 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. *Continental Shelf Research*, 157: 32–42. <http://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>
- RAIN-tutkimushanke <http://rain-project.eu/> (viitattu 18.7.2018)
- REviewing Climate change simulations for enhanced Adaptation in Sectors and Technical infrastructure: implications of growing weather variability and uncertainty for weather sensitive capital intensive systems -tutkimushanke (RECAST) <http://en.ilmatiiteenlaitos.fi/recast> (viitattu 18.7.2018)
- Ruosteenoja, K. & Räisänen, J. 2013. Seasonal changes in solar radiation and relative humidity in Europe in response to global warming. *Journal of Climate*, 26: 2467–2481. <http://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00007.1>
- Silander J. & Järvinen, E. A. (toim.) 2004. Vuosien 2002-2003 poikkeuksellisen kuivuuden vaikutukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 731. 79 s. <http://hdl.handle.net/10138/40479>
- Sipilä, O., Semkin, N., Lyyra, S., Patronen, J., Kaura, E., Sipilä, E., Kopra, J., Tynkkynen, V-P., Pynnöniemi, K. P. & Höysniemi, S. H. 2017. Energia, huoltovarmuus ja geopolittiset siirtymät. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 79/2017. 183 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-489-4>
- Sorvali, J. 2013. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHpOf>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankuljetukset [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-2995. 2016, Liitetaulukko 9. Kuorma-autoliikenteen suoritteet tavaralajeittain kotimaan liikenteessä vuonna

2016. Helsinki: Tilastokeskus (viitattu: 26.2.2018) http://www.stat.fi/til/kttav/2016/kttav_2016_2017-04-28_tau_009_fi.html

Sähkömarkkinalaki 588/2013 <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Tennberg, M., Emelyanova, A., Eriksen, H., Haapala, J., Hannukkala, A., Jaakkola, J. J. K., Jouttijärvi, T., Jylhä, K., Kauppi, S., Kietäväinen, A., Korhonen, H., Korhonen, M., Luomaranta, A., Ristenrauna, M., Ilona Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Pilli-Sihvola, K., Rautio, A., Rautio, P., Silvo, K., Soppela, P., Turunen, M., Tuulentie, S. & Vihma, T. 2017. Barentsin alue muuttuu – miten Suomi sopeutuu? Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisu 31/2017. 172 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=18202>

Thorsteinsson, T. & Björnsson, H. 2011. Climate Change and Energy Systems Impacts, Risks and Adaptation in the Nordic and Baltic countries. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. TemaNord 2011:502. 226 p. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:701000/FULLTEXT01.pdf>

Tool-supported policy development for regional adaptation -tutkimushanke (ToPDad) <http://www.topdad.eu/> (viitattu 18.7.2018)

Turvallisuuskomitea. 2015. Sähköriippuvuus modernissa yhteiskunnassa. Turvallisuuskomitea, Helsinki. 102 s. <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-jarjestelmat-ovat-elintarkeita-yhteiskunnassamme/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto, 31/2014, Helsinki. 75 s. <https://tem.fi/documents/1410877/2859687/Energia-+ja+ilmastotie-kartta+2050+21102014.pdf>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2017. Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki. 168 s. <https://bit.ly/2L3wTw7>

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (857/2013) <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130857>

WEC. 2015. Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact. Survey Report. REF 31081. World Economic Forum. 42 p. <https://www.weforum.org/reports/deep-shift-technology-tipping-points-and-societal-impact>

3.2.2 Rakennettu ympäristö

Drebs, A. 2011. Helsingin lämpösaareke ajallisena ja paikallisena ilmiönä, Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, geotieteiden ja maantieteen laitos. 79 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201201121058>

Helsingin kaupunki: Helsingin viherkerroinmenetelmä - Käyttöohje. 11 s. <https://www.hel.fi/static/rakvv/lomakkeet/viherkerroin-kayttoohje.pdf>

Ilmasto-opas.fi: Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia (Suomen ympäristökeskus, päivitetty 14.6.2017) <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html> (viitattu 6.4.2018)

Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas <http://ilmastotyokalut.fi/vihrea-infrastruktuuuri/viherkerroinmenetelma/> (viitattu 10.4.2018)

Integrated Stormwater Management -hanke (iWATER) <http://www.integratedstormwater.eu/> (viitattu 10.4.2018)

Kahma, K., Pellikka, H., Leinonen, K., Leijala, U. & Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2014:6. 48 s. <http://hdl.handle.net/10138/135226>

Kahma, K. K., Björkqvist, J.-V., Johansson, M., Jokinen, H., Leijala, U., Särkkä, J., Tikka, K. & Tuomi, L. (Ilmatieteen laitos). 2016. Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla 2020, 2050 ja 2100. Loppuraportti 13.1.2016 (päivitetty 15.1.2016). Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Geoteknisen osaston julkaisu 96. 133 s. <https://www.hel.fi/static/kv/turvalliset-rakentamiskorkeudet.pdf>

- Lahdensivu, J. 2010. Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Helsinki. Suomen ympäristö 17/2010. 64 s. <http://hdl.handle.net/10138/37980>
- Lahdensivu, J. 2012. Durability Properties and Actual Deterioration of Finnish Concrete Facades and Balconies. Tampere University of Technology, Tampere. Publication, 1028 117 p. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2823-1>
- Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>
- Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/1999089>
- Pakkala, T., Lemberg, A.-M., Lahdensivu, J. & Pentti, M. 2016. Climate change effect of wind-driven rain on facades. Nordic Concrete Research. 1/16, Publication 54: 31–49. <https://nordic-concrete.net/wp-content/uploads/2016/11/17972-NCR-nr.-54.pdf>
- Parjanne, A. & Huokuna, M. (toim.). 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa - opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristö-opas 2014. 75 s. <http://hdl.handle.net/10138/135189>
- Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M., Leinonen, K. & Kahma, K., 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. Continental Shelf Research, 157: 32–42. <http://doi.org/10.1016/j.csr.2018.02.006>
- Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R. & Votsis, A. 2018. Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:6. 92 s. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>
- Pirinen, P., Simola, H., Nevala, S., Karlsson, P. & Ruuhela, R. 2014. Ilmastomuutos ja lämmitystarveluku paikkatietoarvioina Suomessa. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2014:3. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135722>
- Porin kaupunki. 2009. Porin kaupunkitulva 12.8.2007 loppuraportti. Porin kaupungin tekninen palvelukeskus. <https://docplayer.fi/3712053-Porin-kaupunkitulva-12-8-2007.html>
- Ruosteenoja, K. & Markkanen, T. 2017. Ilmastomuutos kuivattaa maaperää Euroopassa. Julkaisussa: Veikkolainen, T., Tuomi, L., Korja, T., Suomi, I., Nordman, M., Bilker-Koivula, M. & Väkevä, S. 2017. XXVIII Geofysiikan päivät Helsingissä 18.–19.05.2017. Geofysiikan Seura, Helsinki: 78–81. https://geofysiikkaseura-yhdistysavain-fi-bin.directo.fi/@Bin/08c8783dc1d8461044eae6aacaf16e9d/1510302569/application/pdf/174016/GFG2017_kirja.pdf
- Silander J. & Järvinen, E. A. (toim.) 2004. Vuosien 2002–2003 poikkeuksellisen kuivuuden vaikutukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 731. 79 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40479>
- Silander J. & Parjanne, A. 2013. Tulvariskien hallinnan euromääraisten vahinkojen ja hyötyjen arviointi. Suomen ympäristökeskus. 38 s. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1F1E04F-62DE-4DF5-81B7-098102C62120%7D/37016>
- Sorvali, J. 2013. Ilmastomuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHp0f>
- Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopus. Suomen Kuntaliitto, Helsinki. 298 s. http://shop.kuntaliitto.fi/product_details.php?p=2714
- Suomen ympäristökeskus: Tulvatietojärjestelmä TULVATJ <http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoport/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B58AAFEFC-1429-4343-8EE2-F5E136E0A276%7D> (viitattu 6.4.2018)

Suomen ympäristökeskus. 20.10.2017 (päivitetty). Tulvavahinkojen korvaaminen

<http://www.ymparisto.fi/tulvavahingot> (viitattu 6.4.2018)

Suomen ympäristökeskus. 29.11.2017 Tulvakarttoja (Ympäristöhallinnon tulvakarttapalvelu)

<http://www.ymparisto.fi/tulvakartat> (viitattu 6.4.2018)

Suomen ympäristökeskus. 21.12.2017 (päivitetty). Tulvariskien hallinnan indikaattorit <http://www.ymparisto.fi/tulvaindikaattorit> (viitattu 6.4.2018)

Suomi, J. 2014. Characteristics of urban heat island (UHI) in a high latitude coastal city - a case study of Turku, SW Finland. Dissertation, University of Turku, Department of Geography and Geology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Annales Universitatis Turkuensis A II: Biologica, Geographica, Geologica - 295. 70 p. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-5912-9>

Tiitu, M. 2014. Rakennetun alueen laajeneminen Suomen kaupunkiseuduilla – Kehitys vuosina 2000-2012. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 30/2014, Helsinki. 45 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135979>

Tiitu, M., Helminen, V., Järvenpää, E., Härmä, P., Hattunen, S. & Rehunen, A. 2015. Rakennetun alueen pinta-alan ennakointi – paikkatietoaineistojen ja -menetelmien hyödyntäminen rakennetun alueen muutosten laskennassa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 28/2015, Helsinki. 45 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155615>

Vinha, J., Laukkarinen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T., Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo, J., Teriö, O., Koskenvesa, A. & Palolahti, T. 2013. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristykseen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, Tutkimusraportti 159. 354 s. + 43 liites. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2949-8>

Ympäristöministeriö. 19.2.2018 (päivitetty). Suomen rakentamismääräykset <http://www.ymparisto.fi/rakentamismääräykset> (viitattu 6.4.2018)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

3.2.3 Teollisuus

Ali, S.H., Giurco, D., Arndt, N., Nickless, E., Brown, G., Demetriades, A., Durrheim, R., Enriquez, M.A., Kinnaird, J., Littleboy, A., Meinert, L.D., Oberhänsli, R., Salem, J., Schodde, R., Schneider, G., Vidal, O., Yakovleva, N., 2017. Mineral supply for sustainable development requires resource governance. Nature 543, 367–372. <https://doi.org/10.1038/nature21359>

Heckmann, I., Comes, T. & Nickel, S. 2015. A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. Omega, 52: 119–132. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>

Hildén, M., Groundstroem, F., Carter, T. R., Halonen, M., Perrels, A. & Gregow, H. 2016. Ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset Suomeen. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2016. 62 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15405>

Energiateollisuus: Sähkökatkot – Yleistietoa häiriöistä https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkokatkot

Lim-Camacho, L., Plagányi, É.E., Crimp, S., Hodgkinson, J.H., Hobday, A.J., Howden, S.M., Loechel, B., 2017. Complex resource supply chains display higher resilience to simulated climate shocks. Global Environmental Change 46, 126–138. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.08.011>

Miller, M., Anderson, M., Francis, C., Kruger, C., Barford, C., Park, J., McCown, B., 2013. Critical Research Needs for Successful Food Systems Adaptation to Climate Change. Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development 1–15. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2013.034.016>

Ollila, M., Virta, H. & Hyvärinen, V. 2000. Suurtulvaselvitys. Arvio mahdollisen suurtulvan aiheuttamista vahingoista Suomessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö, 441. 138 s. <http://hdl.handle.net/10138/40504>

Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Nurmi, V., Oljemark, K., Tuomenvirta, H., Groundstroem, F., Juhola, S., Miettinen, I. & Gregow, H. 2016a. Taloudellisesti tehokkaampaa sää- ja ilmatorstien hallintaa Suomessa. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 45/2016. 68 s. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=15404>

Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica, 51(1): 17–50. www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

Turvallisuuskomitea. 2015. Sähköriippuvuus modernissa yhteiskunnassa. Turvallisuuskomitea, Helsinki. 102 s. <https://turvallisuuskomitea.fi/sahkoiset-jarjestelmat-ovat-elintarkeitayhteiskunnassamme/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes: Vaurio- ja onnettomuusrekisteri <http://varo.tukes.fi/#> (viitattu 23.7.2018)

Välisalo, T., Jouttijärvi, T., Kallio, A., Kauppi, S., Kauppila, P., Komulainen, H., Laasonen, J., Laine-Ylijoki, J., Leppänen, M., Reinikainen, J. & Wahlström, M. 2014. Kaivosten stressitestit. 2013. Ympäristöministeriön raportteja, 2/2014. 113 s. <http://hdl.handle.net/10138/42780>

Ronkainen, A. 29.12.2017. Tykkylumitilanne jatkuu vaikeana Pohjois-Savossa – "Helipotusta ei ole luvassa". YLE uutiset <https://yle.fi/uutiset/3-9998807> (viitattu 23.7.2018)

Ympäristöministeriö. 2014. Kaivosten ympäristöturvallisuus. Viranomaistyöryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 3/2014. 65 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/42781>

3.2.4 Liikenne

Dietrich, J., Junes, J. & Nevalainen, N. 2017. Liikenneväylien korjausvelka 2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, 44/2017, Helsinki. 24 s. + 1 liite. <http://urn.fi/URN:978-952-317-454-2>

Doll, C., Kuhn, A., Peters, A., Juga, I., Kral, S., Enei, R., Pietroni, F., Mitsakis, E., Stamos, I., Schultmann, F., Wins, M., Schätter, F., Meng, S., Bartsch, M., Kynnös, K., Hietajärvi, A.-M., Kostianen, J., Mantsinen, H., & Hinkka, V. 2014. Guidebook for Enhancing Resilience of European Road Transport in Extreme Weather Events. 48 p. http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

EEA. 2014. Adaptation of transport to climate change in Europe. European Environment Agency, Copenhagen. EEA Report No 8/2014. 68 p. <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

Effects of climate change on the inland waterway networks -hanke (ECCONET) <https://www.ecco-net.eu/> (viitattu 28.5.2018)

Enei, R., Doll, C., Klug, S., Partzsch, I., Sedlacek, N., Nesterova, N., Kiel, J., Rudzikaite, L., Papanikolaou, A. & Mitsakis, V. 2011. Vulnerability of Transport systems. Main report. (WEATHER D 2). 120 p. http://www.weather-project.eu/weather/downloads/Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf

Extreme weather impacts on European networks of transport -hanke (EWENT) <http://ewent.vtt.fi/index.htm> (viitattu 28.5.2018)

Finavia. 2017. Tutustu pohjoisen sankareihin: He huolehtivat, että lentoliikenne Lappiin sujuu. Uutishuone 02.02.2017 (viitattu 28.5.2018) <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/tutustu-pohjoisen-sankareihin-he-huolehtivat-etta-lentoliikenne-lappiin-sujuu>

Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe. 165 p. http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

Hellgrén, H., Korhonen, J., Teerihalme, H. & Valli, R. 2014. Liikenneviraston ympäristötieto- ja menetelmätarpeet : ilmastonmuutoksen hillintä ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen, ilmanlaatu, melu ja ääni. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 17/2014, Helsinki. 54 s. + 2 liitettä. <https://www.doria.fi/handle/10024/121220>

- Hippi, M., Hartonen, S. & Hirvonen, M. 2017. Työmatkatapaturmien vähentäminen kelivaroitussmallia kehittämällä. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 3:2017. 36 s. <http://hdl.handle.net/10138/224484>
- Irvine, E. A., Shine, K. P. & Stringer, M. A. 2016. What are the implications of climate change for trans-Atlantic aircraft routing and flight time? Transportation Research Part D: Transport and Environment, 47: 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.04.014>
- ITF (2016), Adapting Transport to Climate Change and Extreme Weather: Implications for Infrastructure Owners and Network Managers, ITF Research Reports, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108079-en>
- Jarva, J. & Nuottimäki, K. 2014. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen - Kotka, Hamina ja Porvoo. CliP-LivE-projektin ekskursion 11.–12.8.2014. Geologian tutkimuskeskus (GTK), 91/2014, Espoo. 43 s. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/91_2014.pdf
- Kämäräinen, M., Vajda, A. & Gregow, H. 2016a. Freezing rain. In: Groenemeijer, P., Vajda, A., Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Venäläinen, A., Gregow, H., Becker, N., Nissen, K., Ulbrich, U., Morales Nápoles, O., Paprotny, D. & Púčik, T. 2016. Present and future probability of meteorological and hydrological hazards in Europe. Rain project, D2.5 (Hydro-)meteorological hazard probability in Europe: 104–111. http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf
- Kärki, O. 2009. Talvihoidon laadunhallinnan tehostamispotentiaali liikenneturvallisuuden näkökulmasta. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 58/2009, Helsinki. 57 s. + 2 liitettä. <https://www.doria.fi/handle/10024/133579>
- Lahti, J., Lähderanta, T. & Rätty E. 2017. Nastarenkaiden kuntoerot riskitekijänä. Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi). Trafin tutkimuksia 16/2017. 39 s. https://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2017_tutkimukset/nastarenkaiden_kuntoerot_riskitekijana
- Lehtonen, I. & Lång A. 2017. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös lentoliikenteeseen. Atmos-verkkolehti, 15.11.2017 <https://atmoslehti.fi/saa/ilmastonmuutos-vaikuttaa-myos-lentoliikenteeseen/>
- Leviäkangas P., Saarikivi, P., Nurmi, P., Nurmi, V., Perrels, A., Vajda, A., Mühlhausen, T., Gerz. T., Nokkala, M., Molarius, R., Ludvigsen, J., Schweighofer, J., Groenemeijer, P. 2012. European Extreme Weather Risk Management – Needs, Opportunities, Costs and Recommendations (EWENT D 6). 81 p. http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf
- Liikennefakta.fi <https://www.liikennefakta.fi/> (viitattu 28.5.2018)
- Liikennejärjestelmä.fi-portaali <http://liikennejarjestelma.fi/> (viitattu 28.5.2018)
- Liikennevirasto. 20.12.2017 (päivitetty). Liikennejärjestelmä <https://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma#.Wo6wXuexUuU> (viitattu 28.5.2018)
- Lindgren, J., Jonsson D. K., & Carlsson-Kanyama, A. 2009. Climate Adaptation of Railways: Lessons learnt from Sweden. EJTI 9(2): 164–181. <https://bit.ly/2O1NjTr>
- Luomaranta, A., Haapala, J., Gregow, H., Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Laaksonen, A. 2010. Itämeren jääpeitteen muutokset vuoteen 2050 mennessä. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2010:4, Helsinki. 36 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/24433>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumistrategia. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. MMM:n julkaisuja 1/2005. 272 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>
- Malin, F., Norros, I. & Innamaa, S. 2017. Identification of accident risk and its application in traffic control: Accident risks in different road weather conditions on Finnish main roads. Research reports of the Finnish Transport Agency, 41/2017, Helsinki. 51 s. <https://www.doria.fi/handle/10024/143844>
- Management of Weather Events in the Transport System -hanke (MOWE-IT) <http://www.mowe-it.eu/> (viitattu 28.5.2018)
- Merenkulkulaitos. 2009. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Merenkulkulaitoksen toimintaan ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen edellyttämät toimenpiteet. Merenkulkulaitoksen sisäisiä julkaisuja, 3/2009, Helsinki. 50 s. <http://www.doria.fi/handle/10024/142053>

- Molarius, R., Keränen, J., Jylhä, K., Sarlin, T. & Laitila A. 2015. Suomen elintarviketuotannon turvallisuuden haasteita muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. VTT, Tampere. Tutkimusraportti VTT-R-2672-10. 133 s. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>
- Nemry, F. & Demirel, H. 2012. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. JRC Scientific and Policy Reports. 89 p. <ftp://s-jrcsvqpx101p.jrc.es/pub/EURdoc/JRC72217.pdf>
- Network Rail. 2015. Climate Change Adaptation Report 2015. 31 p. https://cdn.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/Climate-Change-Adaptation-Report-2015_FINAL.pdf
- Nokkala, M, Leviäkangas, P. & Oiva, K. 2012. The costs of extreme weather for the European transport system, EWENT project D4. VTT Technology no.36, Espoo, Finland. 92 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T36.pdf>
- Onnettomuustutkintakeskus. 2010. Heinä-elokuun 2010 rajuilmat. Tutkintaselostus S2/2010Y. <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostukset-vuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html> (viitattu 28.5.2018)
- Peltola, H. 2015. Talviajan nopeusrajoitusten liikenneturvallisuusvaikutukset: Vuosien 2010–2014 onnettomuuksien tarkastelu. Liikenneviraston julkaisut, 61, 2015, Helsinki. 27 s. <https://www.doria.fi/handle/10024/121607>
- Perrels, A., Votsis, A., Nurmi, V., & Pilli-Sihvola, K. 2015. Weather conditions, weather information and car crashes. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4(4): 2681–2703. <http://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/2681/htm>
- Pilli-Sihvola, K., Nurmi, V., Perrels, A., Harjanne, A., Bösch, P. & Ciari, F. 2016b. Innovations in weather services as a crucial building block for climate change adaptation in road transport. European Journal of Transport & Infrastructure Research, 16(1): 150–173. <https://bit.ly/2Nqw39q>
- Pöllänen. 2010. Talviliikenteen kehittyminen - henkilöautoiluun vaikuttavat muutostekijät. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Työraportti 16. 18 s. http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/talviliikenteen_kehittyminen_raportti.pdf
- RAIN-tutkimushanke <http://rain-project.eu/> (viitattu 28.5.2018)
- Repka, S.i, Ojala, L., Jalkanen, J.-P., Alhosalo, M., Niemi, J., Pöntynen, R., Solakivi, T., Pohjola, T., Haavisto, R., Lensu, M., Erkkilä-Välimäki, A., Haukioja, T. & Kiiski, T. 2017. Merenkulun kansainvälisen ilmasto- ja ympäristösäätelyn vaikutukset Suomen elinkeinoelämälle. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 55/2017. 129 s. <http://tieto-kayttoon.fi/julkaisu?pubid=21102>
- Saarelainen, S. 2006. Adaptation to climate change in the transport sector. FINADAPT Working Paper 8. Finnish Environment Institute Mimeographs 338, Helsinki. 26 p. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046>
- Saarelainen, S. & Makkonen, L. 2007. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tienpidossa. Esiselvitys. Tiehallinnon selvityksiä, 4/2007, Helsinki. 53 s. <https://www.doria.fi/handle/10024/139344>
- Saarelainen, S. & Makkonen, L. 2008. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen radanpidossa Esiselvitys. Ratahallintokeskuksen julkaisusarja A 16/2008, Helsinki. 46 s. + 1 liite. <https://www.doria.fi/handle/10024/146430>
- Saarinen, H., Laine, T. & Metsäranta, H. 2014. Kelitiedon vaikuttavuus. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 29/2014, Helsinki. 80 s. + 3 liitettä. <https://www.doria.fi/handle/10024/121081>
- Salanne I., Byring, B., Valli, R., Tikkanen, M., Peltonen, P., Haapala, J., Jylhä, K., Tolonen-Kivimäki, O. & Tuomenvirta, H. 2010: Ilmastonmuutos ja tavaraliikenne: Selvitys ilmastonmuutoksen ja sen hiihintäitoimien vaikutuksista tavaraliikenteeseen. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 15/2010, Helsinki. 95 s. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78186>
- Salli, R., Lintusaari, M., Tiikkaja, H. & Pöllänen, M. 2008. Keliolosuhteet ja henkilöautoliikenteen riskit. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 68. 52 s. + 4 liitettä. <http://www.tut.fi/verne/aineisto/keliriskit.pdf>

Sorvali, J. 2013. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus. 85 s. <https://bit.ly/2tLHp0f>

Sääli2016-hanke. 2017. Sääolosuhteiden aiheuttamat liikenteen häiriöt ja vaikutukset liikennejärjestelmän toimintavarmuuteen. Ilmatieteen laitoksen, Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusviraston yhteistutkimushanke, ei linkkiä saatavilla.

Ruotoistenmäki, A., Valkeisenmäki, A., Venäläinen, A., Mäkelä, O., Sipilä, J., Jylhä, K., Savolainen, S. & Laapas, M. 2009. Ilmastonmuutoksen vaikutus tiestön hoitoon ja ylläpitoon. Tiehallinnon selvityksiä 8/2009, Helsinki. 66 s. + 4 liitettä. <https://www.doria.fi/handle/10024/139433>

Toivonen, T. 2015. Maanteiden kuivatusjärjestelmien ja kuivatukseen liittyvän tiedonhallinnan kehitystarpeet ilmaston muuttuessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, 53/2015, Helsinki. 74 s. + 2 liitettä. <https://www.doria.fi/handle/10024/121260>

Vajda, A., Tuomenvirta, H., Jokinen, P., Luomaranta, A., Makkonen, L., Tikanmäki, M., Groenemeijer, P., Saarikivi, P., Michaelides, S., Papadakis, M., Tymvios, F. & Athanasatos, S., 2011. Probabilities of adverse weather affecting transport in Europe: climatology and scenarios up to the 2050s, Finnish Meteorological Institute, Helsinki. Reports 2011:9. 85 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

Valtioneuvoston kanslia. 2017. Valtioneuvoston yhteiset muutostekijät. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 14/2017, Helsinki. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-458-0>

Viitanen, L. 2015. Ilmastonmuutoksen vaikutukset lentoasemien hulevesijärjestelmiin ja liukkaudentorjuntaan sekä vaikutuksiin varautuminen. Diplomityö, Tampereen Teknillinen Yliopisto. 70 s. + 3 liitettä. <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201510221688>

Viljanen, K.-M. 2011. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Selkämeren satamien toimintaan ja merenkulkuun". Julkaisussa: Hakala A. (toim.) 2011. Muuttuva Selkämeri, Ilmastonmuutos Selkämeren alueella. Pyhäjärvi-Instituutin julkaisuja sarja B nro 19. 105 s. http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/reportit/muuttuva_selkameri.pdf

Weather Extremes: Impact on Transport Systems and Hazards for European Regions -hanke (WEATHER) <https://www.weather-project.eu/weather/index.php> (viitattu 28.5.2018)

3.2.5 Finanssi- ja vakuutusala

EIU (Economist Intelligence Unit), 2017. THE ROAD TO ACTION: Financial regulation addressing climate change. https://www.eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/LON%20-%20RF%20-%20report%20on%20climate%20change%20WEB_0.pdf

ESRB (European Systemic Risk Board) 2016. Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk. Reports of the Advisory Scientific Committee No 6 / February 2016 https://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf (Viitattu 27.7.2018)

Euroopan keskuspankki: Tehtävät <https://www.ecb.europa.eu/ecb/tasks/html/index.fi.html> (viitattu 19.7.2018)

Euroopan komissio. 2018. Kestävän kasvun rahoitusta koskeva toimintasuunnitelma. Komission tiedonanto COM/2018/097 final. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0097>

European Commission: High-level Expert Group on Sustainable Finance https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_en#hleg (viitattu 19.7.2018)

Farid Michael Keen, Michael Papaioannou, Ian Parry, Catherine Pattillo, Anna Ter-Martirosyan, and other IMF Staff. 2016 After Paris: Fiscal, Macroeconomic, and Financial Implications of Climate Change. SDN 16/01 <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1601.pdf> (Viitattu 27.7.2018)

Finanssiala ry – henkilökohtainen tiedonanto. 16.4.2018

Garman & Fox-Carney 2015. Known Unknowns: The hidden threats that climate risks pose to British prosperity. Institute for Public Policy Research. <https://www.ippr.org/files/publications/pdf/known-unknowns-hidden-threats-climate-risks-nov2015.pdf?noredirect=1> (Viitattu 27.7.2018)

- Koivisto, K., 2010. Arvio vakuutusmarkkinoiden kehittymisestä 2010. Finanssialan Keskusliitto, Helsinki. 11 s. http://www.finanssiala.fi/materiaalit/Arvio_vakuutus_2010.pdf
- Ilmasto-opas.fi: Vakuutusala on altis ilmastonmuutoksen vaikutuksille (SYKE) <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/9532382f-5ffa-44f1-930e-faffee5c2016/vakuutus-ala.html> (viitattu 19.7.2018)
- Kivisaari Esko, henkilökohtainen tiedonanto 19.4.2018
- Kivisaari & Rantala, 2014 Vakuutusoppi. FINVA. 626s. ISBN 978-952-5684-64-3
- Lehtonen, 2017. Projected climate change impact on fire risk and heavy snow loads in the Finnish forests. University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Physics. Finnish Meteorological Institute. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/192016>
- Liesivaara 2017. Catastrophic yield risks and the demand for crop insurance in Finland. University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Economics and Management Natural Resources Institute Finland (Luke). <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/176301>
- Lähitapiola. 19.3.2018 <https://www.lahitapiola.fi/tietoa-lahitapiolasta/uutishuone/uutiset-ja-tiedotteet/uutiset/uutinen/1509551417337>
- Mercer. 2015. Investing in a time of climate change. 103 p. <https://www.mercer.com/content/dam/mercer/attachments/global/investments/mercer-climate-change-report-2015.pdf>
- OP-Pohjola. 2011. OP-Pohjola-ryhmän vuosikatsaus 2010 <https://uusi.op.fi/documents/209474/210276/OP-Pohjola-ryhm%C3%A4n+vuosikatsaus+2010.pdf/b81a2915-3851-4f39-99ec-1885ec3ab398>
- von Peter, G., von Dahlen, S. & Saxen, S. 2012. Unmitigated disasters? New evidence on the macroeconomic cost of natural catastrophes. BIS Working Papers No 394. 37 p. <https://www.bis.org/publ/work394.pdf>
- PRA. 2016 The impact of climate change on the UK insurance sector - A Climate Change Adaptation Report by the Prudential Regulation Authority, London. 85 p. <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/publication/impact-of-climate-change-on-the-uk-insurance-sector.pdf>
- Regelink, M., Reinders, H. J., Vleeschouwer, M. & van de Wiel, I. 2018 Waterproof? An exploration of climate-related risks for the Dutch financial sector. De Nederlandsche Bank V., Amsterdam. 61 p. https://www.dnb.nl/en/binaries/Waterproof_tcm47-363851.pdf?2017110615
- Reku, J. 18.9.2017. Satovahinkovakuutus ei korvaa kylmän kesän aiheuttamia menetyksiä. Maaseudun Tulevaisuus <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/satovahinkovakuutus-ei-korvaa-kylm%C3%A4n-kes%C3%A4n-aiheuttamia-menetyksi%C3%A4-1.206017>
- Ruuhela, R. (toim.) 2012. Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? - yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 6/2011, Helsinki. 177 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-682-0>
- Stern, N. 2016. Climate Change and Central Banks. Presentation, BIS Meeting February 2016. 24 p. http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/03/160309_BIS_slides_final_for_websites.pdf
- Suomen pankki: Hintavakaus <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahopoliitikka/hintavakaus/> (viitattu 19.7.2018)
- Suomen pankki: Rahoitusjärjestelmä <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahoitusvakaus/rahoitusjarjestelma-lyhyesti/> (viitattu 19.7.2018)
- Suomen pankki: Rahapolitiikka <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahopoliitikka/> (viitattu 19.7.2018)
- Suomen pankki: Rahoitusvakaus <https://www.suomenpankki.fi/fi/rahoitusvakaus/> (viitattu 19.7.2018)
- Suomen pankki: Tehtävät <https://www.suomenpankki.fi/fi/suomen-pankki/tehtavat/> (viitattu 19.7.2018)

Tapio Oy: Metsätalouden riskien hallinta <http://tapio.fi/metsatietoa/metsatalouden-riskien-hallinta/> (viitattu 19.7.2018)

TCFD. 2017. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final report. 66 p. <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>

3.2.6. Terveystiete

Baker-Austin, C. & Oliver, J. D. 2018. *Vibrio vulnificus*: new insights into a deadly opportunistic pathogen. *Environ Microbiol*, 20(2): 423–430. <http://doi.org/10.1111/1462-2920.13955>

Bradley, M., Kutz, S., Jenkins, E. & O'Hara, T. 2005. The potential impact of climate change on infectious diseases of arctic fauna. *International Journal of Circumpolar Health* 64(5): 468–477. <https://doi.org/10.3402/ijch.v64i5.18028>

Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K. L., Hauengue, M., Kovats, R. S., Revich, B. & Woodward, A. 2007: Human health. In : *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson, Eds] Cambridge University Press, Cambridge, UK: 391–431. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch8.html

de' Donato, F. K., Leone, M., Scortichini, M., De Sario, M., Katsouyanni, K., Lanki, T., Xavier Basagaña, X., Ballester, F., Åström, C., Paldy, A., Pascal, M., Gasparrini, A., Menne, B. & Michelozzi, P. 2015. Changes in the effect of heat on mortality in the last 20 years in nine European cities. Results from the PHASE project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12): 15567–15583. <http://doi.org/10.3390/ijerph121215006>

Euroopan yhteisöjen komissio. 2009. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ihmisten, eläinten ja kasvien terveyteen. Komission yksiköiden valmisteluasiakirja valkoiseen kirjaan. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen: Kohti eurooppalaista toimintakehystä. SEC(2009) 416. 20 s. http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_it.pdf

European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). 2012. Assessing the potential impacts of climate change on food- and waterborne diseases in Europe. ECDC Technical report, Stockholm. 19 p. <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/1203-TER-Potential-impacts-climate-change-food-water-borne-diseases.pdf>

Evira. 2009. Eläintaudit Suomessa 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki. Eviran julkaisu 2/2017. 62 s. https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/julkaisut/julkaisusarjat/elaimet/eviran_julkaisu_2_2017_elaintaudit_suomessa_2016.pdf

Flinkkilä, T., Sirniö, K., Hippinen, M., Hartonen, S., Ruuhela, R., Ohtonen, P., Hyvönen, P. & Leppilähti, J. 2011. Epidemiology and seasonal variation of distal radius fractures in Oulu, Finland. *Osteoporosis International*, 22(8): 2307–2312. <http://doi.org/10.1007/s00198-010-1463-3>

Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., et al. 2017. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*, 1(9): e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)

Giladi, A. M., Shauver, M. J., Ho, S., Zhong, L., Kim, H. M. & Chung, K. C. 2014. Variation in the incidence of distal radius fractures in the US elderly as related to slippery weather conditions. 2014. *Plastic and reconstructive surgery*, 133(2): 321–332. <http://doi.org/10.1097/01.prs.0000436796.74305.38>

Hedlund, C., Blomstedt, Y. & Schumann, B. 2014. Association of climatic factors with infectious diseases in the Arctic and subarctic region – a systematic review. *Global Health Action*, 7(1): 24161. 17 p. <http://doi.org/10.3402/gha.v7.24161>

Hippinen, M., Hartonen, S. & Hirvonen, M. 2017. Työmatkatapaturmien vähentäminen kelivaroitustamalla kehittämällä. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 3:2017. 36 s. <http://hdl.handle.net/10138/224484>

Hovi, T. 2006. Lintuinfluenssa tulee – oletko valmis? Ajatuksia pandemiosta ja epidemioista. *Duodecim*, 122(3). 249–250. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2006/3/duo95515>

Hunter, P. R. 2003. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology*. 94(s1): 37S–46S. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.94.s1.5.x>

- Jaakola, S., Lyytikäinen, O., Rimhanen-Finne, R., Salmenlinna, S., Pirhonen, J., Savolainen-Kopra, C., Liitsola, K., Jalava, J., Toropainen, M., Nohynek, H., Virtanen, M., Löflund, J.-E., Kuusi, M., & Salminen, M. (eds.) 2016. Infectious diseases in Finland 2015. National Institute for Health and Welfare (THL), Report 15/2016, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-710-7>
- Kankaanpää, H. T. 2011. Haitalliset levät ja terveys. *Duodecim*. 127(13): 1335–40 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2011/13/duo99650>
- Kauppinen, A., Al-Hello, H., Zacheus, O., Kilponen, J., Maunula, L., Huusko, S., Lappalainen, M., Miettinen, I., Blomqvist, S. & Rimhanen-Finne, R. 2017. Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014. *Euro Surveillance*, 22(8). 8 p. <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.8.30470>
- Kim, S., Sinclair, V. A., Räisänen, J. & Ruuhela, R. 2018. Heat waves in Finland: Present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 38(3): 1393–1408. <https://doi.org/10.1002/joc.5253>
- Kollanus, V. & Lanki, T. 2014. 2000-luvun pitkittyneiden helleaaltojen kuolleisuusvaikutukset Suomessa. *Duodecim* 130: 983–90. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/10/duo11638>
- Kollanus, V., Prank, M., Gens, A., Soares, J., Vira, J., Kukkonen, J., Sofiev, M., Salonen, R. O. & Lanki, T. 2017. Mortality due to Vegetation-Fire Originated PM_{2.5} Exposure in Europe – Assessment for the Years 2005 and 2008. *Environmental Health Perspectives*, 125: 30–37. <http://doi.org/10.1289/EHP194>
- Lake, I. R., Jones, N. R., Agnew, M., Goodess, C. M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguél, L., Semenov, M. A., Solomon, F., Storky, J., Vautard, R. & Epstein, M. M. 2017. Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives*, 125: 385–391. <http://dx.doi.org/10.1289/EHP173>
- Mannio, J., Rantakokko, P., Kyllönen, K., Anttila, P., Kauppi, S., Ruokojärvi P., Hakola, H., Kiviranta, H., Korhonen, M., Salo, S., Seppälä, T. & Viluksela, M. 2016. Kaukokulkeutuvat myrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2016. 86 s. <https://tietokaytoon.fi/julkaisu?pubid=13402>
- Matthies, F., Bickler, G., Marin, N. C. & Hales, S. (eds.). 2008. Heat-health action plans: guidance. World Health Organization, Copenhagen. EUR/07/5067942. 45 p. <http://www.who.int/iris/handle/10665/107888>
- Molarius, R., Keränen, J., Jylhä, K., Sarlin, T. & Laitila, A. 2015. Suomen elintarviketuotannon turvallisuuden haasteita muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Tutkimusraportti VTT-R-2672-10. 134 s. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>
- Nylen, G., Dunstan, F., Palmer, S. R., Andersson, Y., Bager, F., Cowden, J., Feierl, G., Galloway, Y., Kapperud, G., Megraud, F., Molbak, K., Petersen, L. R. & Ruutu, P. 2002. The seasonal distribution of campylobacter infection in nine European countries and New Zealand. *Epidemiology & Infection*, 128(3): 383–390. <https://www.jstor.org/stable/3864737>
- Näyhä, S. 2007. Heat mortality in Finland in the 2000s. *International Journal of Circumpolar Health*, 66(5): 418–424. <https://doi.org/10.3402/ijch.v66i5.18313>
- Oksanen, A. 2006. Ilmastonmuutos voi lisätä luonnoneläinten zoonooseja Suomessa. *Kaari pellolta pöytään*, 5: 30.
- Onnettomuustutkintakeskus. 2010. Heinä-elokuun 2010 rajuilmat. Tutkintaselostus S2/2010Y. <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostukset-vuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html> (viitattu 28.5.2018)
- Orru, H., Andersson, C., Ebi, K. L., Langner, J., Åström, C. & Forsberg, B. 2013. Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe. *European Respiratory Journal*, 41(2): 285–294. <http://erj.ersjournals.com/content/41/2/285>
- Pekkanen, J. & Lampi, J. 2015. Rakennusten kosteus- ja homevauriot ja terveys. *Duodecim* 131(19): 1749–1755. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2015/19/duo12465>

- Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R., & Votsis, A. 2018. Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala. Kaupunkiympäristön julkaisuja, 2018:6. 93 s. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>
- Pihlajasaari, A., Hakkinen, M., Huusko, S., Jestoi, M., Leinonen, E., Miettinen, I., Rimhanen-Finne, R. & Zacheus, O. 2016. Elintarvike- ja talousvesivälitteiset epidemiat Suomessa vuosina 2011–2013. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira ja Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL). Eviran julkaisuja 1/2016. 69 s. <https://www.evira.fi/tietoa-evilasta/julkaisut/elintarvikkeet/julkaisusarjat/elintarvike-ja-talousvesivälitteiset-epidemiat-suomessa-vuosina-2011-2013/>
- Rantala, S.-S. & Pöysti, L. 2015. Jalankulkijoiden liukastumiset. Liikenneturvan selvityksiä 1/2015. 15 s. https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/liukastumiset_1_2015.pdf
- Rapeli, M., Mussalo-Rauhamaa, H. & Innola, E. 2016. Yksityisten sosiaalihuollon asumis- ja laitospalveluja tuottavien yritysten varautuminen säätiloista johtuviin häiriötilanteisiin. Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita, 2016:46, Helsinki. 69 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3828-1>
- Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E. & Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu, 1/2012, Helsinki. 205 s. https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1%2B2012.pdf
- Roda Gracia, J., Schumann, B. & Seidler, A. 2015. Climate Variability and the Occurrence of Human Puumala Hantavirus Infections in Europe: A Systematic Review. Zoonoses and Public Health 62(6): 465–478. <https://doi.org/10.1111/zph.12175>
- Rodo, X., Pascual, M., Fuchs, G., Faruque, A. S. G. 2002. ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change? Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 99(20): 12901–12906. <https://doi.org/10.1073/pnas.182203999>
- Rohayem, J. 2009. Norovirus seasonality and the potential impact of climate change. Clinical Microbiology and Infection, 15(6): 524–527. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02846.x>
- Ruuhela, R., Jylhä, K., Lanki, T., Tiittanen, P. & Matzarakis, A. 2017. Biometeorological assessment of mortality related to extreme temperatures in Helsinki region, Finland, 1974–2014. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(8), 944. 19 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080944>
- Sajanti, E., Virtanen, M., Helve, O., Kuusi, M., Lyytikäinen, O., Hytönen, J. & Sane, J. 2017. Lyme Borreliosis in Finland, 1995–2014. Emerging Infectious Diseases 23(8), 1282–1288. <http://doi.org/10.3201/eid2308.161273>
- Siikamäki, H., Vapalahti, O. & Nohynek, H. 2003. Denguekuume – kasvava maailmanlaajuinen ongelma ja suomalaisten kaukomatkailijoiden tauti. Duodecim 119(21): 2051–2061. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2003/21/duo93872>
- Silfverberg, P. 2007. Vesihuollon kehittämisen suuntaviivoja. Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen monistesarja, Nro 20. 39 s. http://mmm.fi/documents/1410837/1516651/Vesihuollon_kehittamisen_suuntaviivoja_nettiversio_071210.pdf/e4937ddf-cccd-49dc-9062-0655aa95aba5
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta (442/2014) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140442>
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Talousveden turvallisuussuunnitelma. Loppuraportti. Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2015:27. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3590-7>
- Terveystieteiden tutkimuskeskus. 20.10.2017 (päivitetty). Tartuntatautirekisteri. <https://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/seuranta-ja-epidemiat/tartuntatautirekisteri> (viitattu 23.7.2018)
- Ung-Lanki, S., Vartiainen, A.-K., Kollanus, V. & Lanki, T. 2017. Helle terveysriskinä: Varautuminen ja riskinhallinta hoitolaitoksissa ja kotihoidossa. Gerontologia, 31(2): 100–115. <https://doi.org/10.23989/gerontologia.64223>

Yli-Panula, T., Fekedulegn, D. B., Green, B.J. & Ranta, H. 2009. Analysis of airborne Betula pollen in Finland; a 31-year perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6(6): 1706–1723. <https://doi.org/10.3390/ijerph6061706>

Zöldi, V., Turunen, T., Lyytikäinen, O. & Sane, J. 2017. Knowledge, attitudes, and practices regarding ticks and tick-borne diseases, Finland. *Ticks and tick-borne diseases*, 8(6): 872–877. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.07.004>

LIITE 1 OHJAUSRYHMÄN JÄSENET

Saara Lilja-Rothsten, maa- ja metsätalousministeriö (pj)

Tatu Torniainen, maa- ja metsätalousministeriö

Birgitta Vainio-Mattila, maa- ja metsätalousministeriö

Jukka Mäkitalo, työ- ja elinkeinoministeriö

Matti Kahra, valtiovarainministeriö

Antti Irjala, ympäristöministeriö

Sami Heikkilä, puolustusministeriö

Riikka Aaltonen, työ- ja elinkeinoministeriö

Ilari Valjus, valtiovarainministeriö

Terhi Ylitalo, puolustusministeriö

Juha-Pekka Maijala, ympäristöministeriö

Hankekonsortion edustajat ohjausryhmässä:

Heikki Tuomenvirta, Ilmatieteen laitos

Noora Veijalainen, Suomen ympäristökeskus (siht.)

Timo Lanki, Terveysten ja hyvinvoinnin laitos

Pirjo Peltonen-Sainio, Luonnonvarakeskus

LIITE 2 “SUOMEN KANSALLINEN RISKIARVIO 2015” MUKAISET RISKILUOKAT JA NIIDEN SEURAUKSET

Suomen kansallisessa riskiarviossa riskin kohde on kriittinen infrastruktuuri, tuotanto tai palvelu, tai yhteiskunnan elintärkeät toiminnot, jotka on määritelty yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa: johtaminen; kansainvälinen ja EU-toiminta; puolustuskyky; sisäinen turvallisuus; talous, infrastruktuuri ja huoltovarmuus; väestön toimintakyky ja palvelut; sekä henkinen kriisinkestävyys ⁵⁵⁸. Riski voi myös kohdistua merkittäviin luontoarvoihin ⁵⁵⁹. Toteutessaan riskin vaikutukset ihmisiin, talouteen, ympäristöön tai yhteiskuntaan ovat suuria. Suuruutta puolestaan voidaan mitata talouteen, kansalaisten terveyteen tai turvallisuuteen liittyvien seurausten mukaan. Esimerkiksi vuoden 2015 kansallisessa riskiarviossa ihmisiin kohdistuneiden vaikutusten suuruutta arvioitiin asiantuntija-arvioinnilla kuolleiden, loukkaantuneiden ja evakuoitujen lukumääristä, ks. alla oleva taulukko.

TAULUKKO. Suomen kansallisen riskiarvion 2015 mukaiset riskiluokat ja niiden seuraukset ⁵⁶⁰.

| Riskien seuraukset | Kansallisen riskiarvion riskiluokat | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|---------|------------|---------|
| | I | II | III | IV | V |
| Vaikutukset ihmisiin | | | | | |
| Kuolleet (lkm) | <= 5 | 6-15 | 16-50 | 51-200 | > 200 |
| Loukkaantuneet | <=15 | 16-45 | 46-150 | 151-600 | > 600 |
| Evakuoidut | <= 50 | 51-200 | 201-500 | 501-2000 | > 2000 |
| Taloudelliset vaikutukset | | | | | |
| Aineelliset vahingot (milj.) | < 1 | 1-10 | 10-100 | 100-500 | > 500 |
| Keskeytykset (milj.) | < 1 | 1-10 | 10-100 | 100-500 | > 500 |
| Ympäristövaikutukset | | | | | |
| Ympäristö km ² | < 1 | 1-10 | 10-100 | 100-1000 | > 1000 |
| Kesto | < vko | < kk | 1-6 kk | 6kk-1v | yli 1 v |
| Yhteiskunnalliset vaikutukset | | | | | |
| Kriittinen infra (kpl) | 0-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-11 |
| Kesto | < pv | 1-6 pv | 1-2 vko | 2 vko - kk | yli kk |
| Elintärkeät toiminnot (kpl) | 0-1 | 2-3 | 3-4 | 5-6 | 7 |
| Kesto | < pv | 1-6 pv | 1-2 vko | 2 vko - kk | yli kk |

⁵⁵⁸ Puolustusministeriö 2010 http://www.defmin.fi/files/1705/vts_2010_fi_nettiin.pdf

⁵⁵⁹ Aapala ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222916>

⁵⁶⁰ Sisäministeriö 2016 <http://urn.fi/URN:ISBN978-952-324-059-9>

LIITE 3 KIRJOITTAJAT JA ASIAANTUNTIJAT, JOTKA KOMMENTOIVAT RISKIKUVAUKSIA

Toimialakohtaisten lukujen kirjoittajat ja hanke- ja ohjausryhmien ulkopuoliset asiantuntijat, jotka ovat osallistuneet lukujen kirjoittamiseen tai ovat kommentoineet riskikuvauksia.

Luku 3.1.1 Luonnon nykyinen monimuotoisuus kohtaa merkittäviä riskejä

Kirjoittaja: Juha Pöyry (Suomen ympäristökeskus)

Kommentoijat: Risto Heikkinen, Terhi Rytteri, Petteri Vihervaara ja Raimo Virkkala (Suomen ympäristökeskus)

Risto Sievänen (Luonnonvarakeskus)

Johanna Niemivuo-Lahti, Pia Lehmusvuori ja Sini Wallenius (maa- ja metsätalousministeriö)

Luku 3.1.2 Riskit vesivaroille ja vesihuollolle muuttuvat

Kirjoittajat: Antti Parjanne ja Noora Veijalainen (Suomen ympäristökeskus)

Luku 3.1.3 Uusia riskejä luonnonvara-aloille

Kirjoittajat: Pirjo Peltonen-Sainio ja Jaana Sorvali (Luonnonvarakeskus)

Kommentoija: Risto Sievänen (Luonnonvarakeskus)

Luku 3.2.1 Energia-alan riskeillä toteutuessaan laajat vaikutukset

Kirjoittaja: Heikki Tuomenvirta (Ilmatieteen laitos)

Kommentoijat: Laura Sokka & Antti Lehtilä (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy)

Luku 3.2.2 Riskit rakennetulle ympäristölle: tulvat, kosteus, lämpövaihtelut

Kirjoittajat: Kirsi Mäkinen, Antti Parjanne ja Noora Veijalainen (Suomen ympäristökeskus)

Kommentoijat: Maija Mattinen-Yuryev, Suomen ympäristökeskus

Toni Pakkala & Juha Vinha TTY

Pasi Vainio, Porin kaupunki

Luku 3.2.3 Teollisuuden sää- ja ilmatorismit: kotimaiset- ja heijastevaikutukset

Kirjoittajat: Noora Veijalainen, Antti Parjanne ja Mikael Hilden (Suomen ympäristökeskus)

Luku 3.2.4 Riskit koskevat liikennejärjestelmän kaikkia osia

Kirjoittajat: Riina Haavisto (Ilmatieteen laitos)

Pekka Leviäkangas, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Kommentoijat: Eetu Pilli-Sihvola, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Ilmari Halme, VR Track

Luku 3.2.5 Rahoitus- ja vakuutustoiminnan sää- ja ilmatorismit

Kirjoittajat: Karoliina Pilli-Sihvola ja Väinö Nurmi (Ilmatieteen laitos)

Kommentoijat: Esko Kivisaari, Elina Kamppi ja Veli-Matti Mattila (Finanssiala ry)

Otso Manninen, Suomen Pankki

Luku 3.2.6 Terveysriskit

Kirjoittajat: Timo Lanki ja Päivi Meriläinen (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos)

Kommentoijat: Anne Hyvärinen, Hannu Kiviranta, Virpi Kollanus, Ilkka Miettinen, Juha Pekkanen, Jussi Sane ja Outi Zacheus (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos)

Reija Ruuhela, Ilmatieteen laitos

LIITE 4 TULEVAISUUSKUVAKOOSTEET

Tässä esitetään Valtioneuvoston yhteiset muutostekijät (Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 14/2017) -julkaisun perusteella kootut kolme vaihtoehtoista tulevaisuuskuvausta, joita on hyödynnetty arvioitaessa, miten ilmastonmuutoksen kehitys heijastuu sää- ja ilmastoriskeihin Suomessa ja niiden taustalla olevaan altistukseen ja haavoittuvuuteen.

| Muutos-ulottuvuus | 'Normaaliskenaario 2030' | Ääriskenaario I: normaaliskenaariota nykytilaan verrattuna haasteiden ja riskien helpompi hallinta | Ääriskenaario II: normaaliskenaariota nykytilaan verrattuna haasteiden ja riskien selvästi vaikeampi hallinta |
|--|--|---|--|
| <i>Kansainvälinen järjestys</i> | Monimuotoisemmat konfliktit, Kiina vahvempi, Venäjä heikentynyt, ajoittain voimakasta muuttoliikettä | Yhteinen maailma, suurempi harmonia | Voimakkaasti polarisoitunut maailma |
| <i>EU:n ja kansallisvaltion kehitys</i> | EU:n yleinen vahvistuminen, mahdollisesti eritahtisesti | Tiiviimpi yhteistyö EU:ssa, mutta jakaantuneesti | EU muuttuu toimintakyvyttömäksi |
| <i>Demokratian muutokset ja osallistumisen tapojen moninaistuminen</i> | Syventynyt osallistava demokratia, medianlukutaito kehittynyt jatkuvasti ja keskeisiin kansalais-taitoihin kuuluu vastuullinen viestintä. Koulujärjestelmä opettaa lapsia ja nuoria entistä paremmiksi tiedon vastaanottajiksi ja käyttäjiksi | Suomi näyttää suuntaa uudistuvan ja globaalin osallisuuden edelläkävijänä. Kansalaisilla on aidosti mahdollisuus edistää tärkeiksi kokemian asioita puolueiden kautta. Uudentyyppistä epämuodollista ja verkostoituvaa kansalaistoimintaa sekä uusia organisoituneen vaikuttamisen kanavia on kehittynyt perinteisten osallistumismuotojen rinnalle ja niiden yhteyteen. | Poliittisen luottamuksen puute heikentää demokraattisen järjestelmän vakautta ja oikeutusta. Median murros johtaa nykyisen ammattitaitoisen tiedonvälityksen rapautumiseen. |
| <i>Globaalin talouden murros</i> | Globaalien arvoketjujen muutos vähentää maailman tavarakauppaa ja BKT:n kasvua vuoteen 2030 mennessä. Kehittyneissä maissa toimintojen ulkoistaminen ulkomaille vähenee ja välituotteita ostetaan aikaisempaa enemmän omasta maasta kuin tuodaan ulkomailta. Euroopan taloudellisen kehityksen haasteena ovat ikääntynyt väestö ja rakenteelliset ongelmat, joiden vuoksi pitkän aikavälin kasvunäkymä on vaatimaton. Euroalueen maissa pankkisektorin ongelmien jatkuminen aiheuttaa systeemisen riskin. Kasvanut poliittinen epävakaus jarruttaa osaltaan talouskasvua, joka on huomattavan alitis erilaisille kriisityyville ilmiöille. Esimerkiksi ilmastonmuutoksesta ja luonnonvarojen hupenemisesta johtuen suurimmat muuttoliikkeet ja pakolaisuuden aallot, jotka toistaiseksi ovat hauraiden valtioiden sisäisiä, kääntyvät paljon voimakkaammin hyvinvoiviin länsimaihin ja myös Suomeen. | Maailmantalouden Strömsöissä taloudellinen yhdistyminen jatkuu, maailmantalous kasvaa suhdannevaihteluista huolimatta ja monenkeskinen kauppajärjestelmä vahvistuu. Uudet innovaatiot erityisesti digitalisaation ja robotisaation alalla tukevat taloutta. Ilmastopoliittiset ja maailmanlaajuinen älyteknologioiden soveltaminen muodostavat vakaan pohjan kestäväälle talouskasvulle ja nykyistä vähähiilisemmille yhteiskunnille. | Aurinko nousee idästä ja laskee Euroopassa. Maailmantalouden vuosittaiset kasvuvaihtelut ovat suuria ja alueelliset erot korostuvat. Aasia ja etenkin Kiina on kasvun veturi, koska USA harjoittaa ensisijaisesti protektionistista talouspolitiikkaa ja on irtautunut suurimmasta vapaakauppasopimuksesta. Kiinan ohella myös Intian talous ja merkitys maailmantaloudessa kasvaa, koska maat pystyvät kehittämään talouttaan robotisaation, digitalisaation ja alustatalouden keinoin suunnitelmallisemmin kuin länsimaat. |

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p><i>Suomen talouden kehitys</i></p> | <p>On odotettavissa, että Suomen talouden kehitys jatkuu lähivuosikymmeninä vaimeana. Työikäinen väestö supistuu ja tuotavuuden kehitys on talouden palveluvaltaistumisen seurauksena heikkoa. Suomen talous on herkkä negatiivisille shokeille.</p> | <p>Suomi nousee uuteen kestävään talouskasvuun globaalin markkinatalouden vetämänä, yrittäjyys lisääntyy, uusia toimintamalleja ja menestystarinoita syntyy. Kasvu tapahtuu ympäristön kantokyvyn asettamissa rajoissa. Bio- ja kiertotalouteen perustuvien ratkaisujen myötä jalostusarvo nykyisissäkin tuotteissa kasvaa, työvoima vastaa hyvin tarvetta ja osaaminen on kaikin puolin ajantasaista. Rakenne uudistuksilla onnistutaan vastamaan ikääntyvän väestön myötä heikkenevään huoltosuhteeseen ja Suomesta tulee taloudellisen toimeliaisuuden ja innovaatioiden hyödyntämisen mallimaa.</p> | <p>Suomen talous romahtaa globaalien tai lähialueella tapahtuvien shokkien kuten euroalueen syvän rahoituskriisin vuoksi. Kriisien seurauksena protektionismi maailmantaloudessa lisääntyy, kansainvälisen vaihdannan liberalisointi tyrehtyy tai jää suurilta osin suosivien bilateraalisten sopimusten varaan.</p> |
| <p><i>Työn murros</i></p> | <p>Työn murroksen laajin ja perustava laatuinen muutos on se, että työ perinteisenä yhteiskuntaan kiinnittymisen välineenä heikkenee, eikä työ – sellaisenaan, kun se nykyisin käsitetään – toimi enää luonnollisena tulonjaon ja toimeentulon lähteenä ja tasaa-jana. Työn murroksessa yksilön elämänpolun löytäminen ja siten asemoituminen ja kiinnittyminen ympäröivään yhteiskuntaan ovat muuttuneet selkeästi haasteellisemmiksi.</p> | <p>Kohti monimuotoista alustataloutta mennään toiveikkaissa tulevaisuuskuvin. Nykyinen palvelutalouden kehitys suuntaan, jossa suomalaiset yritykset ja työntekijät luovat uutta työtä, arvoa ja osaamista globaaleilla alustoilla. Alustatalouden innovaatiot ja ratkaisut saadaan laajamittaisesti yhteiskunnan käyttöön ja uuteen osaamiseen sekä alustatalouden toimivaan säädösympäristöön panostetaan.</p> | <p>Eriarvoistuvat työmarkkinat uhkaavat. Tässä tulevaisuuskuvin työt jakaantuvat jyrkästi pienen eliitin hyvätuloisiin tehtäviin ja yleistyviin matalapalkkaisiin palvelutöihin, jolloin työntekijän asema heikentyy. Samaan aikaan teknologian edistyminen vaikuttaa eri tehtäviin hyvin eri tavalla ja työntekijöiden osamistaso vaihtelee yhä enemmän.</p> |
| <p><i>Väestörakenne ja kaupungistumiskehitys</i></p> | <p>Suomen väestö ikääntyy nopeasti tulevina vuosikymmeninä. Vuoden 2014 lopussa väestöllinen huoltosuhte eli lasten ja eläkeikäisten määrää sataa työikäistä kohden oli 57,1 ja ennusteen mukaan 60 huollettavan raja ylittyy vuoden 2017 aikana ja 70 huollettavan raja vuoteen 2032 mennessä. Huoltosuhteen keskimääräinen kasvu kätkee alleen suuria alueellisia eroja ja esimerkiksi Kainuussa huoltosuhteen ennakoitua olevan vuonna 2030 yli 90, mikä merkitsee sitä, ettei työkäisiä ole riittävästi alueen toiminnallisuuden takaamiseksi. Myös liikkumisessa ja liikenteessä on meneillään iso murros autonomisten autojen ja liikenne palveluna -konseptin kaltaisten innovaatioiden kehittyessä. Tällä voi olla vaikutuksia kasvuvyöhykkeiden yhdistymisessä keskuskaupunkien liikennevirtoihin.</p> | <p>Maakuntien keskuskaupungit toimivat tasapainona Helsingin metropolialueelle. Kehityskulku on lähivuosina mahdollinen, mutta se ei kuitenkaan välttämättä tavoita kaikkia 18 maakunnallista keskuskaupunkia. Mikäli keskuskaupunkien merkitys vahvistuu, se vahvistaa myös maakuntien roolia ja lisää lähialueiden elinvoimaa. Tämä puolestaan tukee kasvun tasapuolisempaa alueellista jakautumista.</p> | <p>Hallitsematon kaupunkikehitys. Kehityksen liikkeelle panevana ajurina toimii globaalin toimintaympäristön kriisiytyminen, millä on voimakkaita välittömiä ja välillisiä vaikutuksia Suomeen: talouskasvu heikkenee, poliittiset jännitteet kasvavat, laajamittainen muuttoliike kiihtyy ja turvapaikanhakijoiden määrä kasvaa nopeasti. Äkillisen ja hallitsemattoman muutoksen seurauksena kaupunkikehitys joutuu kriisiin, sillä asuntorakentaminen ja infrastruktuurin kehittäminen eivät pysty vastaamaan nopeasti kasvaneeseen tarpeeseen.</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| <p><i>Arvojen ja asenteiden muutos</i></p> | <p>Usko yhteiskuntaan pysyy vahvana ja suurin osa suomalaisista haluaa osallistua yhteisten asioiden hoitoon. Tämä on edellyttänyt hyvinvointi- ja taloustilanteen säilymistä vakaana sekä kehitystä tukevia ja syrjäytymistä hillitseviä uudistuksia koulutusrakenteissa ja työelämässä. Ympäristökysymykset ja kestävä kehitys ovat tärkeitä tekijöitä yhä useamman arvoissa ja valinnoissa. Yhä useampi kuluttaja tekee valintoja sekä ekologisesti että eettisesti näkökulmat huomioiden ja kuluttajien valintojen myötä myös yritykset panostavat kestävyteen. Laajamittaisen, systeemisten muutosten tekeminen on kuitenkin haastavaa ja hidasta.</p> | <p>2030-luku on vastuullisen kansalaisosallistumisen aikakausi. Sen kantava voima on sopeutuminen sekä vastaaminen ekologisiin haasteisiin ja kasvun rajoihin. Ihmiset ovat halukkaita ympäristömyönteisiin toimiin. Poliittiset päätökset sekä kuluttajien ekologiset ja eettiset valinnat tukevat siirtymistä vähähiiliseen ja energiatehokkaaseen yhteiskuntaan. Yritykset panostavat kestävyteen ja uudet nousevat talouden muodot, kuten jakamistalous ja kehittyneet palvelut kasvavat nopeasti. Yhteiskunnallinen toiminta- ja sääntely-ympäristö tukevat niiden kehittämistä ja kehittämistä Suomessa.</p> | <p>Ilman suurta ympäristökriisiä kuluttajien ympäristötietoisuus ja käyttäytyminen eivät tue siirtymistä kohti vähähiilistä ja energiatehokasta yhteiskuntaa. Kestäviä valintoja ja maailman pelastamista pidetään muiden vastuulle kuuluvana asiana ja teknologian odotetaan ratkaisevan ongelmat myöhemmin. Humanitaaristen kriisien riski kasvaa ja niiden seuraukset ovat vakavia. Jakamistalouteen ei luoteta, omistamista sen sijaan pidetään edelleen tärkeänä. Kuluttajien lisäksi yritysten ja poliittikan painotuksissa ympäristöarvot ovat markkinavoimien ja liiketaloudellisten tavoitteiden varjossa.</p> |
| <p><i>Eriarvoistuminen</i></p> | <p>Suurin osa ihmisistä voi hyvin, mutta eriarvoisuus on lisääntynyt ja erot ovat moneen verrokkiin verrattuna suuria. Eroja on esimerkiksi sosioekonomisten ryhmien, sukupuolten, valtaväestön ja vähemmistöjen sekä maantieteellisten alueiden välillä. Taloudellinen, sosiaalinen ja sivistyksellinen polarisaatio uhkaavat myönteistä yhteiskuntakehitystä. Teknologisen kehityksen myötä digitaalisesta eriarvoistumisesta kehittyy yksi sosiaalisen syrjäytymisen ulottuvuuksista.</p> | <p>Syrjäytymisen pysäyttämisen on ymmärretty edellyttävän poikkihallinnollista työskentelyä. Tutkimustiedon ja etsivän sosiaalityön perusteella on osattu kohdentaa toimenpiteitä riskitilanteisiin oikeaan aikaan kuten nuorten pudokkuuteen, työelämäsiirtymiin ja muuttuviin osaamisvaatimuksiin. Lapsilla ja nuorilla on taustasta riippumatta pääsy varhaiskasvatukseen, koulutukseen ja harrastuksiin. Systeemiset muutokset ovat vähentäneet väliinputoamisia ja tukevat hyvää elämäntapaa. Ihmisiä on tuettu vahvistamaan terveellisiä elintapoja ja tulokset näkyvät hyvinvoinnin ja terveyden kohe-nemisena.</p> | <p>Huono-osaisuus ja työelämästä syrjäytyminen ovat kasautuneet merkittävästi osalla väestöstä, kun heidän terveytensä, taloustilanteensa ja osaamisensa ovat heikentyneet. Kunnan- ja kaupungin-osiin on muodostunut laajoja segregoituneita yhteisöjä, joissa asuu pääosin esimerkiksi ikääntyneitä, heikosti koulutettuja ja/tai maahanmuuttajataustaisia. Työelämän rakennemuutoksen seurauksena on muodostunut tyhjeneviä, taloudellisissa vaikeuksissa olevien asuinalueita, ja toisaalta erittäin kalliin asumisen alueita. Suuri osa ihmisistä on jäänyt digitaalisten palveluiden ja uusimman osaamisen ulkopuolelle pysyvästi.</p> |
| <p><i>Teknologinen murros</i></p> | <p>Nopeiden, luotettavien ja turvallisten tiedonsiirtoyhteyksien tarve kasvaa merkittävästi. Valtaosa palveluista nojaa tiedon hyödyntämiseen ja samalla korostuu tietosuojan ja tietoturvallisuuden merkitys. Massadatan hyödyntäminen ja data-analytiikka ohjaavat palvelukehitystä ja palvelumuotoilusta on tullut kriittinen menestystekijä. Alustatalous murtaa perinteisiä liiketoimintamalleja. Tekoäly tulee käyttöön helpottamaan päätöksentekoa. Ensimmäiset automaattiautot ilmestyvät liikenteeseen 2020-luvun puolivälissä.</p> | <p>Hyvinvointia ja menestystä teknologiaa hyödyntäen. Jos teknologinen murros hyödynnetään täysimääräisesti, Suomeen syntyy uutta liiketoimintaa, ja asiakaslähtöisiä toimintatapoja, joita viedään myös ulkomaille. Yhteiskunta toimii yhä enemmän hiilineutraalisti ja resurssitehokkaasti hyödyntämällä automaatiota ja puhtaita teknologioita. Suomalaisyritykset ovat alustatalouden edelläkävijöitä ja vahvan talouskasvun myötä investoivat rohkeasti tietoa hyödyntävään liiketoimintaan ja vientiin.</p> | <p>Teknologian murroksen tuoma potentiaali menetetään. Jos uusia toimintatapoja kuten jakamis- ja alustataloutta vastustetaan, Suomi joutuu sopeutumaan murrokseen ilman sen tuomia hyötyjä. Suomalainen osaaminen valuu ulkomaille ja innovaatiot karttavat maatamme. Suomesta kehittyy muiden kehittämiä innovaatioiden hyödyntäjä ja mm. alustatalouden hyödyt valuvat maan rajojen ulkopuolelle, vaikka toiminnallista tehokkuutta uusilla toimintamalleilla saadaankin.</p> |

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p><i>Kriittisen infrastruktuurin toimintavarmuus</i></p> | <p>Teollinen internet ja robotisaatio ovat yhä merkittävämpi osa yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja ja kriittistä infrastruktuuria. Infrastruktuurit perustuvat älykäisiin sähköverkkoihin ja itseohjautuviin järjestelmiin. Tekoäly on keskeinen tekijä kriittisen infrastruktuurin haavoittuvuuk-sien hallinnassa. Se on myös keskeisellä sijalla yhteiskunnan sisäisen- ja ulkoisen turvallisuuden hallinnassa ja esimerkiksi sosiaali- ja terveysalalla. Teko-älyn osallisuutta valtion hallinto- ja oikeusjärjestelmässä ei ole kyetty tyydyttävästi määrittämään. Rakennetulla ympäristöllä ja sen laadulla on suuri yhteiskunnallinen ja kansantaloudellinen merkitys. Korjaus- ja muutostyöinvestointien määrä on nykyisellään osin riittämätöntä, minkä seurauksena rakennetun omaisuuden rapautuminen kiihtyy. Rakennusten, liikenneväylien ja yhdyskuntateknisten järjestelmien ylläpidon puutteet lisäävät riskejä ja nostavat korjauskustannuksia entisestään.</p> | <p>Kansallinen rakennetun omaisuuden tila on valtaosin hyvä. Yhteiskunnassa vallitsee luottamus siihen, että tietoyhteiskunnan kriittinen infrastruktuuri ja elintärkeät toiminnot ovat turvattuja, ja esimerkiksi yksilön henkilökohtaiset tiedot pysyvät salassa. Yhteiskunnan avoimet arvoverkot perustuvat toimijoiden väliseen luottamukseen ja yhteisöllisyyteen.</p> | <p>Vastakulttuurien nousu ja yksilöiden vastarinta. Yhteisöt ja yksilöt siirtyvät hyödyntämään digitaalisen maailman mahdollisuuksia ja väärinkäyttävät myös tietoturvan aukkoja. Toimitaan enenevässä määrin suljetuissa, yhteiskunnan ulkopuolella olevissa verkostoissa ja yhteisöissä, joiden tarkoituksena on aiheuttaa yhteiskunnalle haittaa tai vauraa oman edun nimissä. Syntyy voimakas reaktio valtion roolia vastaan yksityisyyden suojan puolesta, kyberrikollisuus lisääntyy. Merkittävä joukko yksilöitä torjuu uudet teknologiat ja pyrkii palaamaan perinteiseen analogiseen maailmaan.</p> |
| <p><i>Ympäristön ja luonnon tila</i></p> | <p>Suomessa luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen pysäyttäminen vaatii edelleen huomattavaa toimien tehostamista. Erittäin huolestuttava tilanne on soilla, vesissä, rannoilla, kalli-oilla ja tuntureilla. Metsätalou- dessa on tapahtunut parin viime vuosikymmenen aikana myönteistä kehitystä mm. säästöpuiden jättämisen, kevyempien maanmuokkausmenetelmien yleistymisen ja pienalaisten avainelinympäristöjen turvaamisen osalta. Metsissä merkittävä hakkuiden lisääminen voi kuitenkin johtaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen, ellei asiaa oteta riittävästi huomioon metsänhoidossa ja suojelu- alueverkoston kehittämisessä.</p> | <p>Hyvä ympäristö ja monimuotoi- nen luonto. Ympäristökuormitus pidetään hallinnassa. Varautu- misen tasoa on nostettu ja riskit ovat hallinnassa. Suomen toi- met ekosysteemien ja luonnon monimuotoisuuden hyväksi menestyyvät ja tuottavat merkittävää lisäarvoa. Hyvä rakennettu ympäristö erilaisine toimintoineen, luontoympäristöineen ja kulku- yhteyksineen edistää asukkaiden hyvinvointia ja terveyttä sekä tarjoaa laadukkaan elin- ympäristön. Rakennuskannan hoi- dolla huolehditaan sen käyttö- kelpoisuuden ja toimintakuntoi- suuden ylläpitämisestä.</p> | <p>Ympäristön ja luonnon tila romahtaa. Ilmastonmuutos etenee nopeasti ja voimistaa muiden ympäristöongelmien vaikutuksia Ympäristöriskien hallinta pettää pahasti. Maailmanlaajuisesti ekosysteemit romahtavat. Valtamerten ekosysteemit heikentyvät lii- kapyynnin, saastumisen ja merien happamoitumisen takia alueilla, jotka ovat keskeisiä ravinnontuotannolle. Trooppisten metsien heikentyminen etenee romahdus- maisesti. Tämä johtaa vesiympäristöjen ja maaperän heikentymisen kautta ravinnontuotantoon soveltuvien alueiden menetykseen väes- törikkäillä alueilla. Suomi jou- tuu varautumaan vakaviin seurauksiin – globaaleihin väestön liikkeisiin sekä kasva- vaan poliittiseen ja sotilaalliseen jännitykseen.</p> |
| <p><i>Luonnonvarojen käytön kestävyys</i></p> | <p>Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen ohjaa kohti resurssitehokkaampaa materiaalin hyödyntämistä. Tuotantotavoissa suositaan suljettuja kier- toja ja sivuvirtoja, jätteitä ja tähteitä käytetään kasvavassa määrin uusien tuotteiden ja energian tuotannossa. Suomen korkeatasoinen osaaminen edesauttaa kestävien, puhtaiden resurssitehokkaiden ratkaisujen ja niihin liittyvien palvelujen edistämisessä. Suomessa metsävarojen kasvu jatkuu tulevina vuosikymmeninä, jos kestävään ja suunnitelmalliseen metsänhoitoon panostetaan jatkossakin. Aktiivinen panostaminen vesien- ja meren- sekä kalavarjojen hoitoon ja suojeluun parantavat vesien tilaa ja luo mahdollisuuksia vesiluonnonvarojen kestävään hyödyntämiseen.</p> | <p>Taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestävässä yhteiskunnassa on laaja yhteisymmärrys muutoksen välttämättömyydestä, ja aito systeeminen muutos kohti uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvaa tuotantoa ja kulutusta on tehty. Teknologian kehitys mullistaa energiahuollon, liikkumisen ja ruoantuotannon.</p> | <p>Kriisit syvenevät, kun kilpailu luonnonvaroista aiheuttaa maailmanlaajuisesti poliittisia kriisejä, yhteiskunnallista epävakautta ja inhimillistä hätää. Hallitsematon muuttoliike ja pakolaisuus lisääntyvät merkittävästi. Suurvallat ovat valmiita puolustamaan etujaan äärimmäisellä vallan- ja voimankäytöllä. Välttämättömiä muutoksia viivytellään, koska runsaaseen kulutukseen perustuvasta elämäntavasta on edelleen vaikea luopua. Kansalliset edut asetetaan etusijalle, eikä kansainvälisiä sopimuksia noudateta. Elinympäristöille ja ekosysteemeille tapahtuu peruuttamattomia vahinkoja ympäristön kantokyvyn romahtaessa ja tilanteen ajautuessa kriisiin. Eläin- ja kasvitaudit sekä tuhoeläimet lisääntyvät hallitsemattomasti ja uhkaavat vakavasti ruoan ja metsien tuotantoa, vesivaurannot ovat huvenneet ja pilaantuneet</p> |



VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

tietokayttoon.fi

ISSN 2342-6799 (pdf)
ISBN 978-952-287-601-0 (pdf)