



FINSCAPES-skenaariot ilmastonmuutostutkimuksen ja pääöksenteon tueksi: keskeiset tulokset pohjalaismakunnille

Timothy R. Carter, Kirsti Jylhä, Taru Palosuo,
Stefan Fagerström, Stefan Fronzek, Niina Kautto,
Anna Lipsanen, Sanna Luhtala, Nina Pirttioja,
Karoliina Rimhanen, Kimmo Ruosteenoja & Reija Ruuhela



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Teemme tiedolla toivoa. | syke.fi | [finscapes](https://finscapes.fi)



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

FINSCAPES-skenaariot ilmastonmuutostutkimuksen ja pääöksenteon tueksi: keskeiset tulokset pohjalaismaakunnille

Timothy R. Carter ¹⁾, Kirsti Jylhä ²⁾, Taru Palosuo ³⁾, Stefan Fagerström ¹⁾,
Stefan Fronzek ¹⁾, Niina Kautto ³⁾, Anna Lipsanen ¹⁾, Sanna Luhtala ²⁾, Nina Pirttioja ¹⁾,
Karoliina Rimhanen ³⁾, Kimmo Ruosteenoja ²⁾ & Reija Ruuhela ²⁾

Suomen ympäristökeskus (Syke) ¹⁾
Ilmatieteen laitos ²⁾
Luonnonvarakeskus (Luke) ³⁾

Rahoittaja: Tutkimusta ja päätöksentekoa tukevien kansallisten ilmastonmuutoksen skenaarioiden alueelliset ja järjestelmätason ulottuvuudet (FINSCAPES) on nelivuotinen konsortiohanke (2021–2024), jota rahoitettiin Suomen Akatemian erityisrahoituksella ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen järjestelmätasoiselle tutkimukselle (pääötösnunero 341977).

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (Syke), Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

Kannen kuva: Adobe Stock

Julkaisuvuosi: 2024



Suomen Akatemia
Finlands Akademi
Research Council of Finland



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

FINSCAPES-projektissa käytetyt keskeiset käsitteet aakkosjärjestyksessä

Ajuri (driver): Ajureilla viitataan tässä yhteydessä sellaisiin asioihin, jotka vaikuttavat eri ilmiöiden, kuten esimerkiksi ilmaston tai yhteiskunnan sosioekonomisen tilanteen, kehitykseen. Käytettyjä ajureita ovat mm. talous, teknologia, turvallisuus, koulutus ja hallintotapa.

Altistuminen (exposure): Altistumisella tarkoitetaan ihmisten ja yhteisöjen, elinkeinojen, luontoympäristön, ekosysteemipalveluiden ja luonnonvarojen, infrastruktuurin tai pääoman sijoittumista sellaiseen paikkaan tai olosuhteisiin, joihin vaaratekijä kohdistuu.

Haavoittuvuus (vulnerability): Riskin kohteen ominaisuudet, jotka lisäävät herkkyyttä potentiaalista vahinkoa tai vaaraa aiheuttavalle ilmiölle. Haavoittuvuutta lisäävät esimerkiksi matala tulo- tai koulutustasaste tai erilaiset sairaudet.

Hillintä (mitigation): Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja hiilinieluista (mm. metsät) huolehtiminen erilaisin toimenpitein.

Ilmastoennuste (climate projection): Ilmastomalleihin perustuva arvio tulevista ilmasto-olosuhteista. Arvio on ehdollinen siinä mielessä, että se tyypillisesti perustuu johonkin tiettyyn oletukseen tulevista kasvihuonekaasujen ja hiukkasten päästöistä ja pitoisuuksista ilmakehässä tai esimerkiksi maailmanlaajuisen lämpenemisen oletettuun tasoon tulevaisuudessa.

Ilmastoriski (climate risk): Ilmastoriskillä tarkoitetaan ilmaston ja sään ja niiden kehityksen aiheuttamia mahdollisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia ihmistoiminnalle, elinkeinoille ja ympäristölle. Riskin muodostumiseen vaaditaan vaaratekijä, sille altistuminen ja riskin kohteen haavoittuvuus.

Järjestelmä (system): Monimutkainen verkosto toisiinsa kytkeytyneitä yhteiskunnallisia sektoreita, toimijoita ja instituutioita, jotka muodostavat kokonaisuuden, jolla on tärkeä rooli yhteiskunnan toiminnan kannalta alueellisella tai kansallisella tasolla. Nämä järjestelmät voivat muodostaa osia suuremmista järjestelmistä.

Narratiivi (narrative): Kehityspolun sanallinen kuvaus, joka keskittyy sosioekonomisiin muutoksiin. Narratiivit kuvailevat yhteiskunnallista muutosta ja sosioekonomista kehitystä erilaisten ajurien pohjalta vaihtoehtoisissa tulevaisuuksissa.

Skenaario (scenario): FINSCAPES-projektissa käytetään kuvailevia tutkimusskenaarioita, jotka esittävät mahdollisia tulevaisuuden kehityskulkuja, jotka perustuvat tietoihin jo toteutuneista muutoksista ja vaihtoehtoihin oletuksiin tulevasta kehityksestä. Ilmastonmuutostutkimuksessa yleisesti käytettävät globaalit sosioekonomiset SSP-kehityspolut ovat kuvailevia skenaarioita.

Sosioekonominen kehitys (socioeconomic development): Kuvaa yhteiskunnallista kehitystä mm. väestön, bruttokansantuotteen ja muiden sosioekonomisten tekijöiden osalta, joilla on merkitystä ilmastonmuutoksen vaikutusten ymmärtämisessä. Esimerkkejä sosioekonomisista tekijöistä ovat sosiaalisen, koulutuksellisen ja taloudellisen kehityksen taso, poliittiset päätökset sekä käytettävissä oleva teknologia.

Sopeutuminen (adaptation): Ilmastomuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toimia, joilla varaudutaan ja mukaudutaan ilmastomuutokseen ja sen vaikutuksiin. Sopeutuminen kattaa myös toimia, joiden avulla voidaan hyötyä ilmastomuutokseen liittyvistä vaikutuksista.

Sopeutumistarina (adaptation-story): Tulevaisuuteen sijoittuvia kuvitteellisia kertomuksia eri ihmisten paikallisista kokemuksista siitä, miten he ovat sopeutuneet muuttuneeseen ilmastoon ja yhteiskuntaan. Joissakin yhteyksissä näitä tarinoita voidaan kutsua myös ilmastotarinoiksi.

SSP (Shared Socioeconomic Pathway): Sosioekonomiset kehityspolut ovat viisi vaihtoehtoista maailmanlaajuista sosioekonomista kehityskulkua (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 ja SSP5), jotka sisältävät sekä laadullisia että määrällisiä elementtejä. FINSCAPES-projektissa SSP:itä käytetään kahdella tavalla:

1) sosioekonomisissa narratiiveissa, joissa kuvaillaan tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi ihmisten ja paikallisten järjestelmien altistumiseen ja haavoittuvuuteen ilmastomuutoksen vaikutuksille. Näissä SSP-poluissa ei suoraan huomioida ilmastopolitiikan mahdollisia vaikutuksia;

2) ilmastoennusteiden laatimiseen, jotka FINSCAPES-projektissa ovat SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ja SSP5-8.5. Tässä yhteydessä SSP:t yhdistetään hillintäpolitiikkaa koskeviin oletuksiin, jotta voidaan kehittää vaihtoehtoisia säteilypakotteeseen perustuvia skenaarioita. Nämä tiedot syötetään maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin, jotta voidaan ennustaa, miten ilmasto kehittyy. Desimaaliarvot viittaavat neljään säteilypakotetasoon, jotka saavutetaan vuoteen 2100 mennessä: 2,6 W/m² edellyttää voimakkaita hillintätoimia, jotta maapallon lämpötila pysyisi alle Pariisin ilmastopimuksen tavoitteen, joka on 2°C yli esiteollisen ajan tason. Korkeammat pakotetasot (4,5, 7,0 ja 8,5 W/m²) merkitsevät suurempia päästöjä, jotka eivät täytä Pariisin tavoitteita ja johtavat siten ilmaston suurempaan lämpenemiseen.

Säteilypakote (radiative forcing): Ilmastojärjestelmään imeytyvän auringonsäteilyn ja Maasta avaruuteen poistuvan pitkäaaltoisen säteilyn erotusta kutsutaan maapallon säteilytaseeksi. Säteilypakote kuvaa sitä säteilytaseen epätasapainoa, jonka erilaiset ilmastoa muuttavat tekijät aiheuttavat ilmastojärjestelmässä. Säteilypakotetta mitataan säteilytehon (wattia) määrällä neliometriä kohden.

Vaaratekijä (hazard): Säähän tai ilmastoon liittyvä ilmiö tai sen kehitys, esimerkiksi myrsky, helleaalto tai rankkasade.

Vaikutus (impact): Ilmastomuutoksen vaikutukset voidaan jakaa karkeasti suoriin ja välillisiin vaikutuksiin. Sääilmiöiden muutokset, kuten kuivuus ja lämpöaallot, ovat esimerkkejä suorista vaikutuksista, jotka voivat vaikuttavaa välillisesti ihmistoimintaan ja luonnonympäristöihin. Vaikutukset voivat ilmetä välittömästi tai vähitellen ajan myötä.

Lähteet: IPCC ^{1, 2, 3}; MMM^{4, 5}; Ympäristöministeriö⁶

¹ Agard ym. (2014), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

² Hewitson ym. (2014), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap21_FINAL.pdf

³ IPCC (2023), https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_AnnexesIndex.pdf

⁴ MMM (2023), <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165337>

⁵ Ruuhela ym. (2023), <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164670>

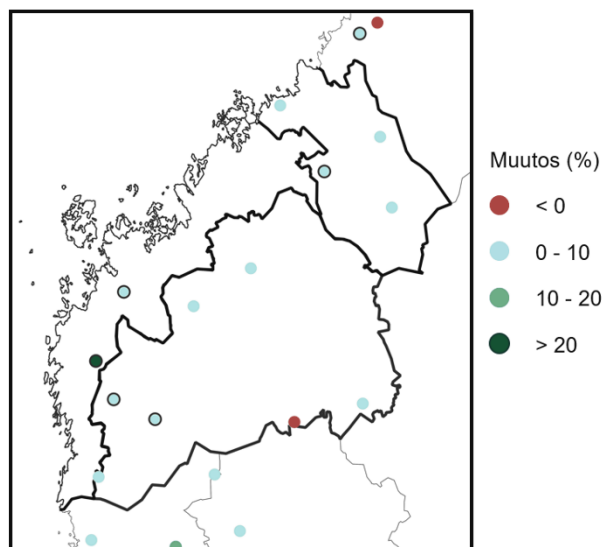
⁶ Ympäristöministeriö (2017), <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4748-7>

Miksi skenaariot ovat hyödyllisiä?

Tulevaisuus on epävarma, ja pohjalaismaakunnilla on edessään haasteita valmistautuessaan ilmastonmuutoksen mahdollisiin vaikutuksiin. Tulevia muutoksia ilmastossa tai sosioekonomisissa olosuhteissa, jotka vaikuttavat ilmastonmuutoksille altistumiseen tai herkkyyteen näille muutoksille, ei voida ennustaa luotettavasti. Epävarmuutta voidaan kuitenkin arvioida laatimalla vaihtoehtoisia skenaarioita, joiden avulla tutkitaan, mitä tulevaisuudessa voisi tapahtua ja etsitään mahdollisia tulevaisuuden kehityssuuntia. Ne voivat myös auttaa suunnittelemaan sopeutumista tulevaan ilmastonmuutokseen, sillä ne tarjoavat mahdollisuuden testata sopeutumisstrategioiden ja -toimenpiteiden toimivuutta erilaisissa tulevaisuuksissa. Tässä taustadokumentissa esitetään yhteenveto pohjalaismaakuntien (Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa ja Keski-Pohjanmaa) alueelle tuotettujen FINSCAPES-skenaarioiden pääpiirteistä⁷.

Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt pohjalaismaakuntiin

Pohjalaismaakuntien ilmasto on muuttumassa, ja tämä vaikuttaa alueen luontoon ja ihmisiin sekä heidän elinkeinoihinsa. Vähitellen toteutuvia, pitkäaikaisen seurannan paljastamia vaikutuksia ovat esimerkiksi puiden ja viljelykasvien kasvukauden pidentyminen⁸, lumilajien harrastuskauden lyheneminen⁹ sekä kasvi- ja eläinlajien levinneisyysalueiden muuttuminen¹⁰. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös monien äärevien sääolojen esiintymiseen ja voimakkuuteen, ja niiden seuraukset voivat näkyä nopeastikin. Näistä esimerkkejä ovat ihmisten ja eläinten lisääntyvä kuolleisuus, sairaudet ja tuottavuuden väheneminen helleaaltojen aikana, samoin kuin äkkitulvat rankkojen sadekuurojen seurauksena ja voimakkaiden tuulten aiheuttamat metsä-, infrastruktuuri- ja omaisuusvahingot. Kuvan 1 esimerkistä ilmenee, että keskimäärin kerran viidessä vuodessa ylittävä yhden vuorokauden sademäärä kasvoi pohjalaismaakunnissa vuosien 1969–2020 aikana. Näin tapahtui kaikilla paitsi yhdellä alueen 13:sta tarkastellusta sääasemasta, ja viidellä niistä kasvu oli tilastollisesti merkitsevää¹¹.



Kuva 1. Keskimäärin kerran 5 vuodessa ylittävän yhden vuorokauden sademäärän muutos (%) jakson 1969–2020 aikana. Mustat renkaat osoittavat sääasemat, joilla on havaittu tilastollisesti merkitsevä muutos.

⁷ Lisätietoa hankkeesta löytyy osoitteesta: <https://www.syke.fi/hankkeet/finscapes>

⁸ Peltonen-Sainio ym. (2018), <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1275-5>

⁹ Luomaranta ym. (2019), <https://doi.org/10.1002/joc.6007>

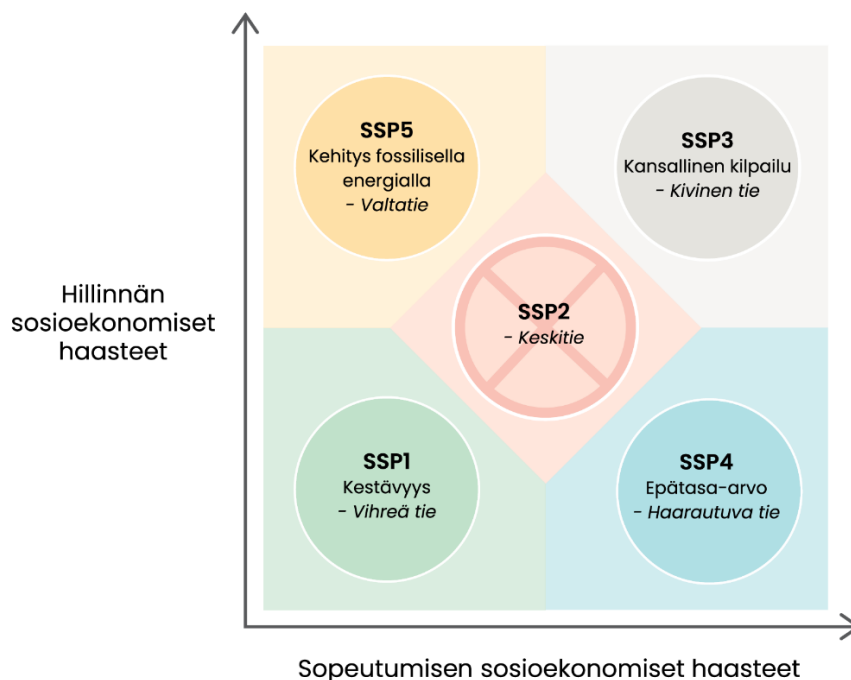
¹⁰ Huikkunen ym. (2024), <http://hdl.handle.net/10138/577595>

¹¹ Dyrddal ym. (2021), <https://doi.org/10.1016/j.jeirh.2021.100965>

Ilmaston muutosten lisäksi niiden seurausten suuruus riippuu myös siitä, miten herkkiä tai haavoittuvia eri järjestelmät ja yhteisöt ovat niille muutoksille, joille ne altistuvat. Altistumiseen ja herkkyyteen voivat vaikuttaa voimakkaasti sosioekonomiset tekijät, kuten väestörakenne, sosiaalinen asema ja terveydenhuollon saatavuus. Siksi on olennaista ymmärtää sekä itse ilmastomuutosta että alueen sosiaalisia ja taloudellisia olosuhteita, kun haluamme kunnolla selvittää ilmastomuutoksen seurausten voimakkuutta ja laajuutta.

FINSCAPES-skenaarioiden osa-alueet

FINSCAPES-hanke¹² on tehnyt tiivistä yhteistyötä pohjalaismaakuntien sidosryhmien kanssa luodakseen yhdessä joukon alueellisia skenaarioita ilmastomuutokseen varautumisen tueksi. Näiden skenaarioiden avulla voidaan käsitellä vaikutuksia kolmeen paikallisten asiantuntijoiden tunnistamaan, erityistä huomiota vaativaan järjestelmään: energia-, liikenne- ja ruokajärjestelmä. Skenaariot perustuvat maailmanlaajuisiin sosioekonomisiin kehityspolkuihin (SSP), jotka kuvaavat tulevaisuuden vaihtoehtoisia sosioekonomisia kehi-tyskulkuja¹³ (kuva 2). Kukin kehityspolku kuvastaa ilmastomuutokseen sopeutumiseen ja sen hillintään liittyvien suurempien tai pienempien haasteiden yhdistelmää. Näitä käytetään laajalti eri puolilla maailmaa. SSP-kehystä käytetään FINSCAPES-hankkeessa kuvaamaan pohjalaismaakuntien olosuhteiden kahta osa-alueutta 2050-luvulle ja siitä eteenpäin: sosioekonomista kehitystä ja ilmastoa. Nämä kaksi osa-alueutta voidaan yhdistää integroiduiksi skenaarioiksi, joita voidaan soveltaa tulevaisuuden suunnittelussa. Lisäksi ns. sopeutumistarinoilla annetaan esimerkkejä siitä, miltä nämä tulevaisuuden skenaariot voisivat näyttää paikallisten ihmisten silmin. Sopeutumistarinat ovat tulevaisuuteen sijoittuvia fiktiivisiä kuvauksia siitä, miten eri yksilöt ovat oppineet sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon.



Kuva 2. Viisi sosioekonomista kehityspolkua (SSP). SSP2-vaihtoehto jätettiin pois FINSCAPES-hankkeesta.

¹² Tutkimusta ja päätöksentekoa tukevien kansallisten ilmastomuutoksen skenaarioiden alueelliset ja järjestelmätason ulottuvuudet (FINSCAPES) on nelivuotinen konsortiohanke (2021–2024), jota rahoitetaan Suomen Akatemian erityisrahoituksella ilmastomuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen järjestelmätasoiselle tutkimukselle.

¹³ Katso FINSCAPES Info 2/2022: <https://www.syke.fi/hankkeet/finscapes>

Pohjalaismaakuntien sosioekonomiset narratiivit

Narratiiveissa kuvataan keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat paikallisten järjestelmien sekä ihmisten altistumiseen ja haavoittuvuuteen ilmastomuutoksen vaikutuksille. Ne on luotu yhdessä pohjalaismaakuntien kolmen maakunnan sidosryhmien kanssa neljää sosioekonomista kehityspolkua varten (kuva 2). Narratiivien kehittämisen prosessi esitetään kuvassa 3. Kunkin alueellinen narratiivi on jäsennetty alueelle tunnistettujen tärkeiden järjestelmien kannalta keskeisten muutoksen sosioekonomisten ajureiden mukaan. Laajat SSP-narratiivit ovat saatavilla hankkeen verkkosivustolla⁷; lyhyet versiot esitetään seuraavalla neljällä sivulla. Lisäksi paikallinen taiteilija Ilpo Koskela sai tehtäväkseen visualisoida kunkin SSP:n narratiivit henkilökohtaisen tulkinnan pohjalta. Nämä kuvitukset on esitetty narratiivien rinnalla.



Kuva 3. SSP-pohjaisten sosioekonomisten narratiivien keskeisimmät osa-alueet pohjalaismaakunnille.

Vaikka kukin narratiivi tarjoaa monipuolisen kuvauksen tulevaisuuden sosioekonomisesta kehityksestä, ne eivät välttämättä täytä kaikkia tulevaisuuden muutoksiin valmistautuvien analyttikkojen tarpeita. Toisin kuin ilmastoennusteet, jotka ovat yleensä määrällisiä, narratiivit ovat täysin laadullisia tulevaisuuden kuvauksia. Aluesuunnittelun ja -tutkimuksen sovelluksissa, kuten riskimallinnuksessa tai taloudellisessa kustannuslaskennassa, tarvitaan numeerisia kuvauksia tulevista sosioekonomisista trendeistä, jolloin trendeistä voi narratiivien pohjalta tuottaa myös määrälliset kuvaukset. Yksi lähestymistapa on tunnistaa muutamia analyysin kannalta tärkeitä sosioekonomisia indikaattoreita. Asiantuntijat arvioivat kunkin indikaattorin osalta sen mahdollisen kehityksen suuntauksia tulevaisuudessa. Tämä tapahtuu narratiivin tulkinnan perusteella ja usein historiallisiin havaintoihin tukeutuen. Ensimmäisenä askeleena voidaan käyttää esimerkiksi yksinkertaisia muutoksen suuntaa kuvaavia nuolia (esim. ylös, alas tai ei muutosta)¹⁴. Täysin kvantitatiivisten trendien luominen edellyttää kuitenkin kehittyneempiä menetelmiä. Koska määrällisen arvioinnin tarpeet ovat hyvin tapauskohtaisia ja koska tällaiset menettelyt ovat vaativia, FINSCAPES-hankkeessa tähän ei ole pyritty.

¹⁴ Lehtonen ym. (2021), <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01734-2>

SSP1 Kestävyys – Vihreä tie

Oikeudenmukaiseen vihreään siirtymään pyritään vahvojen instituutioiden ja säätelyn avulla. Pohjalaismaakunnissa tuetaan pienimuotoista yrittäjyyttä, ja luonnonvarojen käyttöä säännellään ympäristönsuojelun nimissä. Kiinnostus omavaraista ja kestävästä elämäntapaa kohtaan kasvaa koulutuksen ja tiedotuksen myötä. Vihreän siirtymän haasteisiin vastataan vahvalla kiertotaloudella. Asukkaat opettavat perinne- ja omavaraisuustaitoja. Tämä lisää muutosjoustavuutta ja valmiutta kriisitilanteisiin.



Kuva 4. Taiteilijan tulkinta pohjalaismaakuntien SSP1-narratiivista. © Ilpo Koskela

Valtio ohjaa verotuksella kestäviä valintoja, mikä tekee esimerkiksi terveellisestä ruoasta ja liikuntamahdollisuuksista saavutettavampia. Työntekoa ja kulutusta vähentämällä parannetaan elämänlaatua. Kaupungistuminen jatkuu, mutta maaseutuasumista tukevat hajautetut energiaratkaisut ja kehittynyt tietoliikenneinfrastruktuuri. Eriarvoisuutta kuitenkin esiintyy yhä eri alueilla.

Pohjalaismaakunnat ovat vihreän siirtymän edelläkävijöitä luoden verkostoja ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Kiertotalous vähentää raaka-aineiden kulutusta ja jätteen määrää. Elintarviketeollisuudessa lihan kulutuksen väheneminen on johtanut muutoksiin alalla. Vertikaaliviljely ja keinoliha-tuotanto luovat uusia mahdollisuuksia. Kumppanuusmaataloudet ja osuuskunnat tuottavat lähiruokaa. Turismi on alueelle tärkeä tulonlähde.

Pohjalaismaakunnista tulee energian nettoviejä. Energiantuotanto on hajautettua ja hyödyntää monia energialähteitä. Teknologinen kehitys tukee uusiutuvaa energiantuotantoa. Uudet energia-ekosysteemit ja varastointikeinot tasaavat kulutushuippuja. Alueen teollisuuden tutkimus- ja kehitystyö tuottaa kestäviä ratkaisuja ja on globaalisti tunnettua. Julkinen liikenne ja pyöräilyinfrastruktuuri tukevat kestävästä kaupunkirakennetta, ja raideliikenne yhdistää talousalueita.

Luonnon monimuotoisuutta arvostetaan ja suojellaan. Kulttuurimaisemat ovat tärkeitä matkailulle. Vihreän siirtymän myötä maankäytössä tapahtuu muutoksia, mikä muuttaa kuitenkin myös perinteistä maisemakuvaa. Ympäristönsuojelun myötä luonnossa liikkuminen lisääntyy, mutta huolta herättää myös herkkien luontoalueiden kestävyys.

SSP3 Kansallinen kilpailu – Kivinen tie

Kansainvälisen yhteistyön ja kaupan romahtaessa pohjalaismaakunnat lisäävät keskinäistä yhteistyötä. Maaseudun väestö on vähentynyt, mutta kaupungistuminen hidastuu kaupunkiasumisen kallistuessa. Joukkoliikenne supistuu etenkin maaseudulla ja yksityisautoilu on kallista, joten ihmiset turvautuvat kimpakkyyteihin ja muihin kulkuvälineisiin. Terveystilanteen laatu heikkenee verotulojen vähentyessä ja lääkäripulan vallitessa. Koulutuksen taso laskee, kun taas käytännön taidot ja omavaraisuus korostuvat. Eriarvoisuus kasvaa heikon taloustilanteen myötä, mikä johtaa levottomuuksiin ja epäluottamukseen. Samalla kyläyhteisöjen rooli kuitenkin kasvaa.



Kuva 5. Taiteilijan tulkinta pohjalaismaakuntien SSP3-narratiivista. © Ilpo Koskela

Kansainvälinen kauppa tyrehtyy, talous on heikko ja innovaatiot vähenevät. Kansainvälistä kauppaa käydään lähinnä muiden Pohjoismaiden kanssa. Kierto- ja vaihdantatalous korvaavat osittain vähentyneitä liiketoimintamahdollisuuksia. Ammattitaitoinen työvoima vähenee eikä ulkomaista työvoimaa ole saatavilla. EU:n tukien väheneminen ja resurssien niukkuus heikentävät maataloutta. Samalla omavaraisuus pienviljelyn ja kalastuksen kautta korostuu, sillä ruoan hinnat ovat korkealla.

Tuontien energia on kallista, joten energiantuotanto nojaa kotimaisiin lähteisiin. Kaikki energiantuotannon resurssit on otettu käyttöön. Paikalliset energiaratkaisut, kuten puu ja turve, sekä biokaasun käyttö lisääntyvät. Infrastruktuurin ylläpito on haasteellista talouskasvun puuttuessa, jolloin syrjäseutujen infrastruktuuri rapistuu. Meriliikenne kutistuu, mutta pienvenesatamat voivat hyvin paikallisten täydentäessä ruokatarpeitaan kalastuksen kautta.

Resurssien intensiivinen käyttö aiheuttaa ympäristöhaittoja ja luonnon monimuotoisuus heikkenee. Metsät muuttuvat puupelloiksi ja luonnon virkistyskäyttö vähenee. Samalla luonnosta saatavan ravinnon merkitys kasvaa. Luonnosta onkin tullut resurssi, jolla paikataan toimeentuloa. Vaikka luontoarvot yleisesti kärsivät, maalla asuvat ovat kiinnostuneita biodiversiteetin ylläpitämisestä omavaraisuuden tukemiseksi.

SSP4 Epätasa-arvo – Haarautuva tie

Eriarvoisuus kasvaa pohjalaismaakunnissa ja näkyy esimerkiksi asuinalueilla: kaupungistuminen kiihtyy ja maaseutu autioituu palvelujen keskittyessä kaupunkeihin. Voimakas eriarvoistuminen aiheuttaa epävakautta ja levottomuuksia kasvattaen turvattomuuden tunnetta. Koulutus on korkeatasoista, mutta suurelta osin vähävaraisen väestön saavuttamattomissa. Vaikutusvalta keskittyy näin yhä enemmän varakkaille. Hyvinvointia pyritään silti edistämään julkisen, yksityisen ja kolmannen sektorin yhteistyöllä.



Kuva 6. Taiteilijan tulkinta pohjalaismaakuntien SSP4-narratiivista. © Ilpo Koskela

Energiateknologia on tärkeä vientituote, ja alue tunnetaan osaamisestaan. Puhdas energia ja digitalisaatio on tehnyt pohjalaismaakuntien elinkeinorakenteesta kestävä. Osaavan ulkomaisen työvoiman tarjonta korvaa paikallisen osaamisen puutteita. Suuri osa ruoantuotannon maataloista ovat lopettaneet ja ne on korvattu suurilla tehotuotantotiloilla. Myös kotitarveviljelyä esiintyy.

Teknologinen kehitys mahdollistaa muun muassa vetytuotannon tuulisähköllä sekä hiilidioksidipäästöjen talteenoton. Maaseutu ja kaupungit tekevät yhteistyötä energiantuotannon saralla. Infrastruktuuriin liittyvät investoinnit keskittyvät kuitenkin viennin kannalta tärkeille ja varakkaille alueille. Etenkin satamien merkitys kasvaa rahtiliikenteen lisääntyessä, vaikka henkilöliikenne väheneekin. Joukkoliikenteen käyttö yleistyy, mutta se toimii lähinnä matalan tulotason ihmisten kulkumuotona.

Luonnonvarojen intensiivinen hyödyntäminen johtaa metsäalueiden pirstoutumiseen ja viheralueiden heikentymiseen. Luonnon virkistyskäyttö on suunnattu lähinnä eliitille, kun taas vähävaraisemalla väestöllä on rajalliset mahdollisuudet saavuttaa luontoa. Ruoantuotannon ympäristövaikutukset lisääntyvät. Samalla vähävarainen väestö kerää ravintoa luonnosta ruoan hinnan noustessa.

SSP5 Kehitys fossiilisella energialla – Valtatie

Maailma pyörii fossiilisella energialla ja perustuu korkeaan teknologiseen kehitykseen. Pohjalaismaakunnissa pyritään jakamaan talouskasvun hedelmiä tasapuolisesti, vaikka epätasa-arvoakin esiintyy. Kestävän kehityksen arvot ovat jääneet taka-alalle ja luonnonvaroja hyödynnetään intensiivisesti, mikä aiheuttaa konflikteja eri ryhmien välille. Väestönkasvun ja kaupungistumisen myötä autoilu on halpaa, jolloin joukkoliikenne maaseudulla vähenee. Teknologian avulla kehitetään kuitenkin kattavia 'Mobility-as-a-Service' palveluja. Terveyspalvelut kaupallistuvat ja eriarvoistuvat samalla, kun elintasosairaudet lisääntyvät epäterveellisten ruokavalioiden myötä.



Kuva 7. Taiteilijan tulkinta pohjalaismaakuntien SSP5-narratiivista. © Ilpo Koskela

Fossiilisten polttoaineiden vahvistama talouskasvu tukee yritysten investointeja ja markkinoiden ennakoitavuutta. Erityisesti energiasectori on vahvoilla. Uusiutuvan energian kysynnän voimakas lasku kuitenkin heikentää siihen erikoistuneiden yritysten näkymiä. Työvoiman liikkuvuus on suurta maailmanlaajuisesti ja kilpailu osaavasta työvoimasta on kovaa. Ruoantuotantoa ohjaavat vahvasti kansainväliset markkinat. Uudet ruoantuotantoteknologiat ja puhtaasti tuotetut raaka-aineet ovat nousseet pohjalaismaakuntien tärkeäksi vientituotteeksi.

Kehittyneet energian varastointiratkaisut on otettu laajasti käyttöön. Teknologinen kehitys on myös mahdollistanut hiilidioksidipäästöjen talteenoton ja jatkojalostamisen. Vaikka fossiilisia polttoaineita käytetään yhä, myös uusiutuvia energialähteitä tuetaan. Infrastruktuurin kehitys keskittyy teillä kulkevan raskaan liikenteen tarpeisiin ja näin rahtiliikenteestä tehdään toimivaa ja tehokasta. Raideliikenteen kehittäminen jää sen sijaan vähäiseksi. Satamainfrastruktuuria parannetaan lisääntyneen laivaliikenteen myötä.

Fossiilisten energialähteiden käyttö ja luonnonvarojen intensiivinen hyödyntäminen heikentävät ympäristön laatua. Tuhohyönteiset ja kasvitautit leviävät ahkerasti monokulttuureissa. Vesistöjä ja merialueita kuormittavat intensiivinen maatalous ja kasvanut laivaliikenne. Luonnon virkistyskäyttömahdollisuudet kaventuvat resurssien ylikulutuksen myötä. Ympäristön laadun heikkeneminen vaikuttaa ihmisten luontosuhteeseen. Teknologinen kehitys lievittää joitakin ympäristöhaasteita ja turvaa esimerkiksi puhtaan juomaveden saatavuuden.

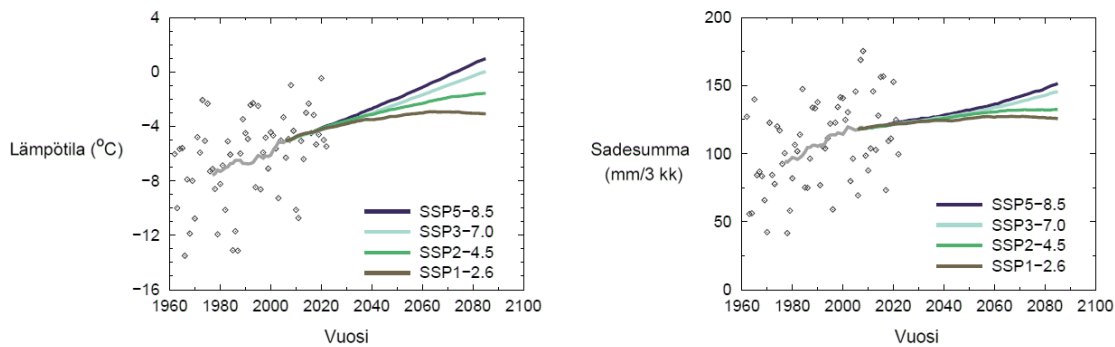
Miten pohjalaismaakuntien ilmasto muuttuu tulevaisuudessa?

FINSCAPES-hankkeessa selvitettiin keväällä 2024 sää- ja ilmastotiedon tarpeita Suomen muuttuvassa ilmastossa. Kysely kohdistettiin etenkin kolmen pohjalaismaakunnan keskeisten toimialojen (kuva 3) sidosryhmäedustajille. Kyselyyn vastanneet pitivät erityisen tärkeitä tietoja runsaiden sateiden, korkeiden ja matalien lämpötilojen, helteiden ja aurinkoisen sään esiintymisestä.

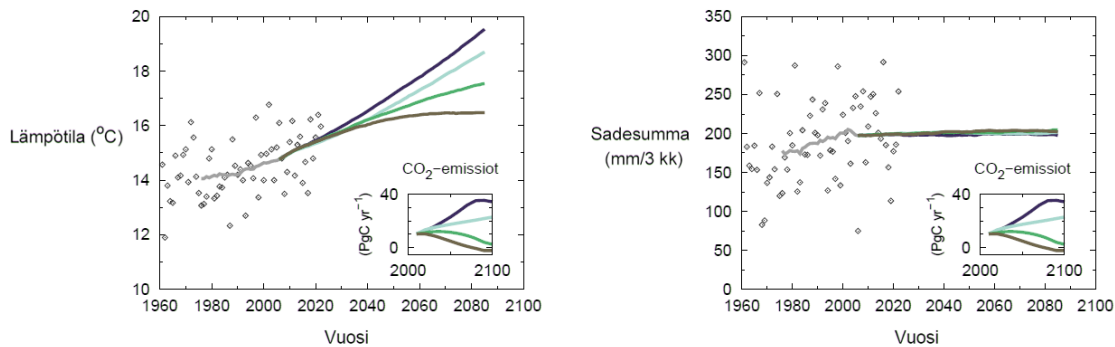
Ilmaston maailmanlaajuinen lämpeneminen muuttaa ilmastomallitulosten mukaan sekä rankkasateiden että sateettomien jaksojen esiintymistä. Pohjalaismaakunnat ja Suomi laajemminkin kuuluvat alueeseen, jossa runsaat sateet voimistuvat suhteellisesti ottaen enemmän kuin mitä poutajaksot lisääntyvät¹⁵. Kesän kuurosatteiden voimistuminen¹⁶ on hyvä ottaa huomioon mm. hulevesien mitoituksessa¹⁷. Toisaalta maaperän kuivumiseen¹⁸ pohjalaismaakunnissa vaikuttavat sateisuuden muutosten lisäksi myös lämpeneminen, lumen sulamisen aikaistuminen keväällä¹⁹ sekä auringonsäteilyn lisääntyminen loppukeväästä alkusyksyyn²⁰.

Pohjalaismaakuntien keskilämpötila oli vuosien 1991–2020 kesä-elokuussa keskimäärin noin 15 astetta²¹. Riippuen siitä, kuinka hyvin ilmastomuutoksen hillintätoimet onnistuvat maailmanlaajuisesti, ilmastomallitulosten keskiarvona saatu paras arvio vuosisadan lopun kesien ilmastolliselle keskilämpötilalle on runsaan 16 ja lähes 20 asteen haarukassa (kuva 8).

Joulu-helmikuu, pohjalaismaakunnat



Kesä-elokuu, pohjalaismaakunnat



Kuva 8. Keskilämpötila (vasen) ja sademäärä (oikea) pohjalaismaakunnissa joulu-helmikuussa (ylhäällä) ja kesä-elokuussa (alhaalla). Harmaat symbolit esittävät maakunnan aluekeskiarvoja menneinä vuosina ja harmaa käyrä niiden 30-vuotista liukuvaa aikakeskiarvoa. Pitkäaikaisten keskiarvojen muuttumisesta nähdään erivärisinä käyriä arvioita, jotka on laadittu 28 ilmastomallitulosten pohjalta erikseen neljälle eri kasvihuonekaasuskenaariolle. Huomaa toisistaan poikkeavat pystyakselit.

¹⁵ Lehtonen & Jylhä (2019), <https://doi.org/10.1002/asl.895>

¹⁶ Utraiainen ym., arvioitavana oleva käsikirjoitus

¹⁷ Toivonen ym. (2021), https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/03/Vesitalous_0221_lowres-1.pdf

¹⁸ Ruosteenoja ym. (2018), <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3671-4>

¹⁹ Räisänen ym., arvioitavana oleva artikkelikäsikirjoitus

²⁰ Ruuhela ym. (2024), <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2024-02-RL>

²¹ Avoin hiladata: <https://paituli.csc.fi/>, <https://etsin.fairdata.fi/dataset/63b58d1a-dc23-44eb-87e6-d3c31b9a57f9>

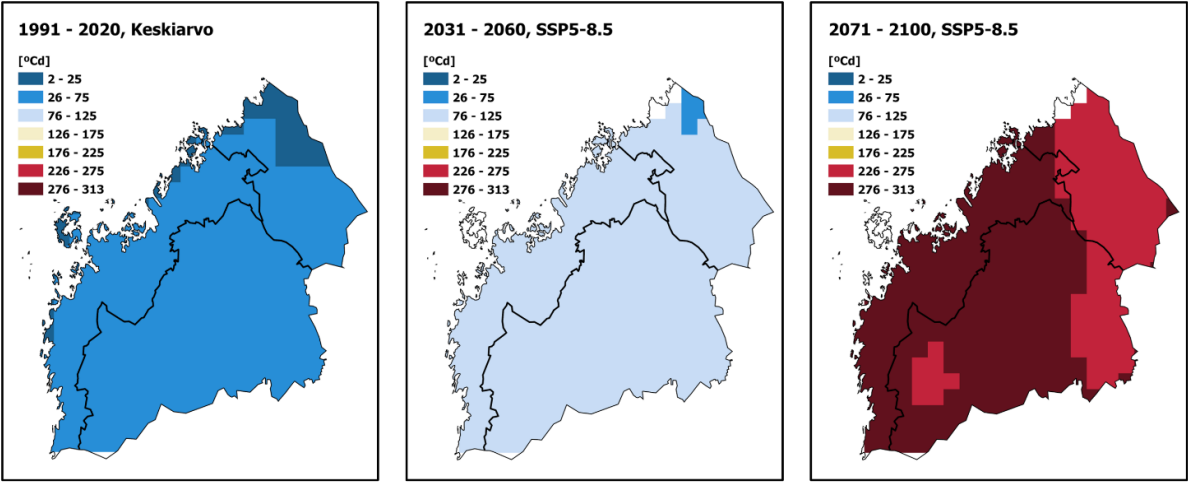
Ennusteet vuosittaisen keskilämpötilan ja sademäärän keskimääräisistä muutoksista pohjalaismaakunnissa 2050-luvulle verrattuna nykyhetkeen on esitetty taulukossa 1. Näissä oletetaan neljä vaihtoehtoista tulevaisuuden kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaman säteilypakotteen reittiä. Nämä on merkitty värillisillä symboleilla, jotka löytyvät myös kuvasta 10.

Taulukko 1: Vuoden keskilämpötilan muutos asteina ja sadesumman muutos prosentteina pohjalaismaakunnissa 2050-lukuun mennessä pohjautuen neljään vaihtoehtoiseen oletukseen kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamasta säteilypakotteesta. Ilmastomallien antaman keskiarvon lisäksi on esitetty epävarmuusväli, johon osuu 90 % tarkastelluista mallituloksista. Vertailujaksona on v. 1991–2020.

Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama säteilypakote vuosisadan lopulla	Pohjalaismaakuntien muutos 2050-luvulle*	
	Lämpötila (°C)	Sadesumma (%)
Hyvin korkea	+2.9 (1.6 – 4.3)	+7 (1 - 13)
Korkea	+2.5 (1.2 – 3.8)	+7 (2 - 11)
Maltillinen	+2.1 (1.0 – 3.3)	+6 (-1 - 12)
Matala (Pariisin mukainen)	+1.7 (0.6 – 2.8)	+5 (0 - 10)

* Jakson 2040–2069 keskimääräisten muutosten alueellinen keskiarvo pohjalaismaakunnissa (suluissa malliennusteiden 5.-95. prosenttipisteet).

Kesien lämmitessä helleaallot pitenevät ja voimistuvat²². Sellainen kuuma hellejakso, jollainen sattui viime vuosisadan loppupuolella keskimäärin kerran 10 vuodessa, koetaan jopa useammin kuin joka toinen vuosi, jos maapallon lämpeneminen esiteollisesta ajasta saadaan pidettyä kahdessa asteessa. Tämä tietää raken-nusten jäähdytystarpeen kasvua²³ (kuva 9).



Kuva 9. Rakennusten jäähdytystarveluvun muutos pohjalaismaakunnissa suurten jatkuvien maailmanlaajuisten kasvi-huonekaasu-päästöjen SSP5-8.5-skenaariossa viiden ilmastomallin tulosten perusteella. Karttakuvat esittävät 30-vuotisia keskiarvoja v. 1991–2020 (vasen), 2031–2060 (keskellä) ja 2071–2100 (oikea).

Talvet lämpenevät vielä kesiäkin nopeammin, joskin talvilämpötilojen vaihtelu vuodesta toiseen jatkuu suu-rena myös tulevaisuudessa (kuva 8). Vaikka kylmiä talvia on odotettavissa edelleenkin, niiden esiintymisen todennäköisyys pienenee selkeästi. Sellainen kireä pakkasjakso, jollainen sattui viime vuosisadan loppupuolella keskimäärin joka neljäs vuosi, koetaan suunnilleen kerran 20 vuodessa, jos maapallon lämpeneminen esiteollisesta ajasta saadaan pidettyä kahdessa asteessa²⁴. Niinpä talvien lauhtuessa rakennusten lämmityst-
tarve pienenee²².

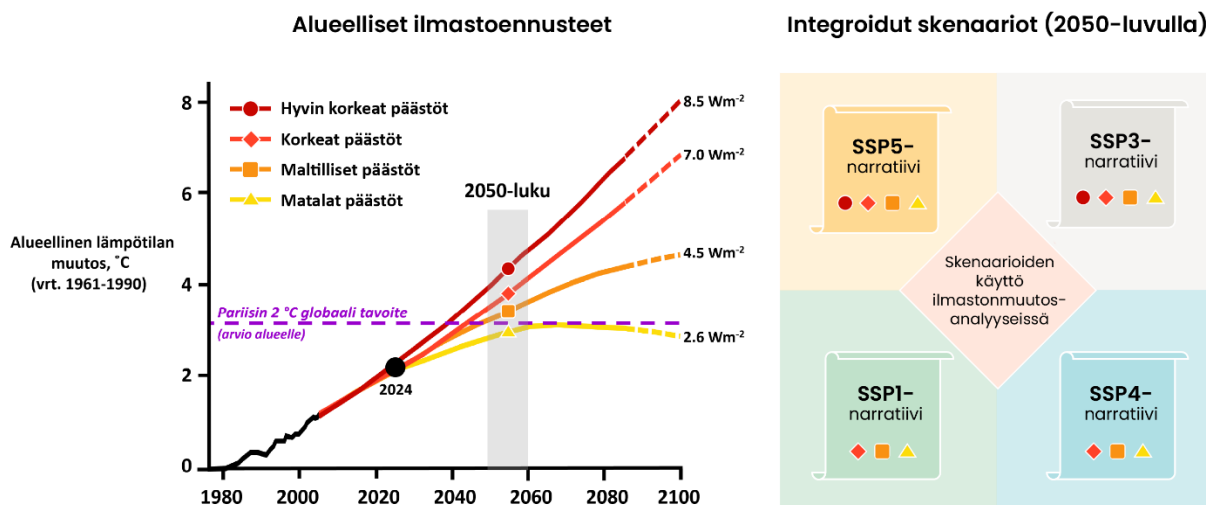
²² Ruosteenoja & Jylhä (2023), <https://www.geophysica.fi/article/id-58-1-047-ruosteenoja/>

²³ Pirinen ym. (2024), <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2024-05-RL>

²⁴ Ruosteenoja & Jylhä, arvioitavana oleva käsikirjoitus

Integroidut skenaariot pohjalaismaakunnille

FINSCAPES-hankkeessa on käytetty maailmanlaajuisiin sosioekonomisiin kehityskulkuihin perustuvaa viitekehystä neljän vaihtoehdoisen narratiivin laatimiseksi pohjalaismaakuntien sosioekonomisesta kehityksestä 2050-luvulle asti (kuva 10, oikealla). Hankkeessa on myös analysoitu keskeisten ilmastomuuttujien ennusteita 2050-luvulle ja siitä eteenpäin; nämä pohjautuvat neljään vaihtoehdoiseen oletukseen kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamasta säteilypakotteesta (Wm^{-2}) vuosisadan lopulla (kuva 10, vasemmalla). Yhdistämällä sosioekonomisen kehityksen narratiivit ja ilmastoennusteet saadaan luotua 14 erilaista uskottavaa tulevaisuuden näkymää, joista voidaan valita integroidut skenaariot (kuva 10, oikealla, symboleiden ja SSP-narratiivien yhdistelmät). Valikoimaa näistä kuvauksista voidaan käyttää esimerkiksi ilmastomuutosta koskevan tietoisuuden lisäämiseen, vaikutusten ja sopeutumisen mallintamiseen, riskien arviointiin, sopeutumisstrategioiden ja -suunnitelmien laatimiseen, sopeutumis- tai päästövähennyspolkujen kehittämiseen ja integroituihin arviointeihin.



Kuva 10. Integroidut skenaariot käytettäväksi ilmastomuutosanalyyseissä. Skemaattisesti esitetty alueelliset ilmastoennusteet (vasemmalla, värilliset symbolit) on yhdistetty neljään alueelliseen SSP-narratiiviin (oikealla). Ilmastoennusteet eivät 2050-luvulle mennessä vielä poikkea toisistaan yhtä paljon kuin vuoteen 2100 mennessä. Niinpä useimmat 2050-lukua koskevat ennusteet voidaan uskottavasti yhdistää mihin tahansa SSP-narratiiviin. Hyvin korkeiden päästöjen skenaario (tummanpunainen ympyrä) on kuitenkin ristiriidassa SSP1- tai SSP4-maailman oletusten kanssa.

Mikä näistä olisi siis valittava? Kysymykseen ei ole lopullista vastausta, sillä skenaarioanalyyseissä joudutaan yleensä tekemään kompromisseja. Perusteellinen lähestymistapa, jossa sovelletaan monia tärkeitä epävarmuustekijöitä käsitteleviä skenaarioita, tuottaa todennäköisesti luotettavimmat tulokset. Toisaalta aika, asiantuntemus ja taloudelliset resurssit ovat yleensä rajalliset. Kompromissina on siis keskityttävä pienen määrään hyvin valittuja skenaarioita. Skenaarioiden jokainen sovellus on ainutlaatuinen, joten tässä ei anneta suosituksia ensisijaisista FINSCAPES-skenaarioiden yhdistelmistä. Sen sijaan taulukossa 2 on joukko kriteerejä, jotka voivat auttaa valitsemaan skenaarioiden osa-alueiden yhdistelmiä.

Sopeutumistarinat

Yksi FINSCAPES-skenaarioiden keskeisistä käyttökohteista on tarjota tulevaisuuden konteksti sopeutumisen suunnittelun ja tietoisuuden lisäämiseen tueksi. Hankkeessa kehitetyt sopeutumistarinat edustavat uudenlaista lähestymistapaa näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Nämä tarinat ovat kuvitteellisia kertomuksia, jotka sijoittuvat tulevaisuuteen ja kuvaavat eri ihmisten paikallisista kokemuksista siitä, miten he ovat onnistuneet sopeutumaan muutoksiin ilmastossa. Tosimaailman terveydenhuollon esimerkkinä käsitellään Seinäjoella, Etelä-Pohjanmaalla olemassa olevien sairaaltilojen (Sairaala 2040) peruskorjaussuunnittelua. Kyselyiden ja keskustelujen sekä kesän 2018 ja 2019 helleaaltojen vaikutuksia käsittelevän opinnäytetyön

tulosten pohjalta luotiin sopeutumistarinoita sairaalan henkilökunnan ja potilaiden näkökulmista. Näiden tarinoiden avulla pyritään havainnollistamaan ja inspiroimaan ajattelua siitä, miten sairaalakompleksia voisi sopeuttaa todennäköisesti lämpimämmän ja sateisemman ilmaston vaikutuksiin alueella. Tarinat julkaistaan FINSCAPES-hankkeen verkkosivuilla myöhemmin.

Taulukko 2. Skenaarioiden valintaan vaikuttavia kriteerejä ilmastomuutosanalyysiä varten.

Kriteeri	Skenaarioiden valinnan perustelut FINSCAPES-hankkeen näkökulmasta
Lukumäärä	Yhden skenaarion käyttöä ei yleensä suositella. Jotkin päätökset tehdään ”virallisten ennusteiden”, ”todennäköisimpien tulevaisuuksien” tai ”business-as-usual-skenaarioiden” perusteella. Vaikka yksittäinen tulevaisuuden kuvaus voi olla parempi kuin se, ettei skenaariota ole lainkaan, skenarioanalyysin keskeisenä periaatteena kuitenkin on, että varmojen ennusteiden puuttuessa on järkevää tarjota vaihtoehtoisia uskottavia kehityskulkuja. On myös väitetty, että skenaarioiden parittoman lukumäärän käyttäminen voi houkutella analyytikkoja valitsemaan vain keskimäisen tapauksen. FINSCAPES-hankkeessa päätettiin jo varhaisessa vaiheessa jättää pois keskimäinen SSP2-vaihtoehto (kuva 2).
Aikahorisontti	FINSCAPES-hankkeen sosioekonomiset narratiivit kohdistuvat 2050-luvulle. Erot ovat tällä aikahorisontilla pienempiä ja päällekkäisyydet suurempia neljän ilmastoennusteen välillä kuin myöhempien ajanjaksojen kohdalla. Näin pienempi määrä ennusteita voi riittää kattamaan ajanjakson.
Pidemmän aikavälin näkökulma	Tiettyä aikahorisonttia pidemmän aikavälin näkökulma voi myös olla tarpeen: a) neuvomaan pitkällä aikavälillä ilmastolle altistuvia aloja, kuten metsätaloutta ja rakennettua ympäristöä, ja b) haitta-sopeutumisen välttämiseksi tiedostamalla, että ilmaston muutosten voidaan olettaa jatkuvan pitkälle suunnitteluhorisontin jälkeenkin, ja varmistamalla, että 2050-luvun olosuhteisiin tähtäävät toimet ovat riittävän joustavia, jotta ne pystyvät sopeutumaan myös tuon ajanjakson jälkeisiin muutoksiin.
Priorisoidut järjestelmät	FINSCAPES-skenaariot on tarkoitettu käytettäväksi sidosryhmien määrittelemien keskeisten alueellisten järjestelmien hallinnoimisessa. Ilmastomuutokselle altistumiseen ja herkkyyteen vaikuttavat ensisijaiset sosioekonomiset tekijät voivat vaihdella järjestelmien välillä, mikä voi vaikuttaa siihen, mitä skenaarioita on kiinnostavinta tutkia.
Analyyttinen fokus	Tämä voi määrittää ilmaston ja sosioekonomisten ulottuvuuksien suhteelliset merkitykset. Esimerkiksi tutkimuksessa, jossa tarkastellaan suurista virtaamahuipuista johtuvaa vesivoimapatojen rikkoutumisriskiä, erilaiset äärimmäisiä sademääriä koskevat ilmastoennusteet voidaan asettaa etusijalle yhteiskunnallisiin muutoksiin liittyvien ennusteiden sijaan. Toisaalta patojen rikkoutumisen seuraukset saattavat edellyttää vaihtoehtoisia arvioita katastrofaalisille tulville altistuvista ihmisistä ja infrastruktuurista yhdistettynä yhteen ainoaan korkean säteilypakotteen ilmastoennusteeseen.
Varovaisuus & väistämättömyys	Eri skenaarioissa voidaan käsitellä epävarmuuden eri näkökulmia. Esimerkiksi eriarvoisuutta korostavaa sosioekonomista narratiivia voidaan hyödyntää turvallisuutta ja sosiaalista oikeudenmukaisuutta koskevassa suunnittelussa erilaisissa ilmastoennusteissa, mukaan luettuina sellaiset äärimmäiset sääilmiöt, jotka vaikuttavat kaikkein heikoimmassa asemassa oleviin. Toiset skenaariot sen sijaan voisivat antaa tietoa altistumisesta ja haavoittuvuudesta ilmastomuutoksille, joita ei voida välttää; esimerkiksi käyttämällä ennusteita, joissa oletetaan alhaisimmat ”Pariisin sopimuksen” mukaiset päästöt, yhdistettynä erilaisiin sosioekonomisiin narratiiveihin.
Uskottavuus	Jotkin yhdistelmät voidaan sulkea pois niiden epäuskottavuuden vuoksi. Esimerkiksi SSP1- ja SSP4-polut eivät kykene tuottamaan suurimpia päästöjä ja säteilypakotetta, joten tällaisia ilmastoennusteita ei pitäisi liittää näihin narratiiveihin (kuva 10). Aikahorisontti on kuitenkin tärkeä myös tässä yhteydessä. Vaikka esimerkiksi vuoteen 2100 mennessä tapahtuvaan matalaan säteilypakotteeseen liittyvät ilmastoennusteet eivät todennäköisesti toteudu yhteiskunnissa, jotka ovat edelleen riippuvaisia fossiilista polttoaineista ja joissa hillintäteknologia ei ole tehokasta, tämä skenaarioyhdistelmä voi olla uskottava vielä 2050-luvulla.
Kerrostettu lähestymistapa	Mahdollinen lähestymistapa skenaarioiden valintaan on priorisoida muutamien ”ensimmäisen tason” skenaarioiden ydinjoukko, joita käytetään yleisesti suunnittelussa, mutta sallia myös toisen tason lisäskenaarioita, joita voidaan tarvita erityistarkoituksiin.

**FINSCAPES-skenaariot
ilmastonmuutostutkimuksen ja
päättöksenteon tueksi: keskeiset
tulokset pohjalaismaakunnille**



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Teemme tiedolla toivoa.