



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilmastonmuutoksen turvallisuusriskit

Ilona Láng-Ritter

Ilmastonmuutoksen ja sään ääri-ilmiöiden
vaikutustutkimus

2.12.2021

Valtakunnalliset turvallisuuswebinaarit 2021



Taustani

- Väitöskirjan aloitus vuonna 2019 (myrskyjen vaikutustutkimus)
- Aiemmin: Ilmatieteen laitoksen säöpäivystyksen päivystävänä meteorologina
- Asiantuntijana lukuisissa kehitysyhteistyö- ja EU-projekteissa
- Kansallisen katastrofiriskien hallinnan yhteistyöverkoston jäsen (2021→)



Esityksen ainekset

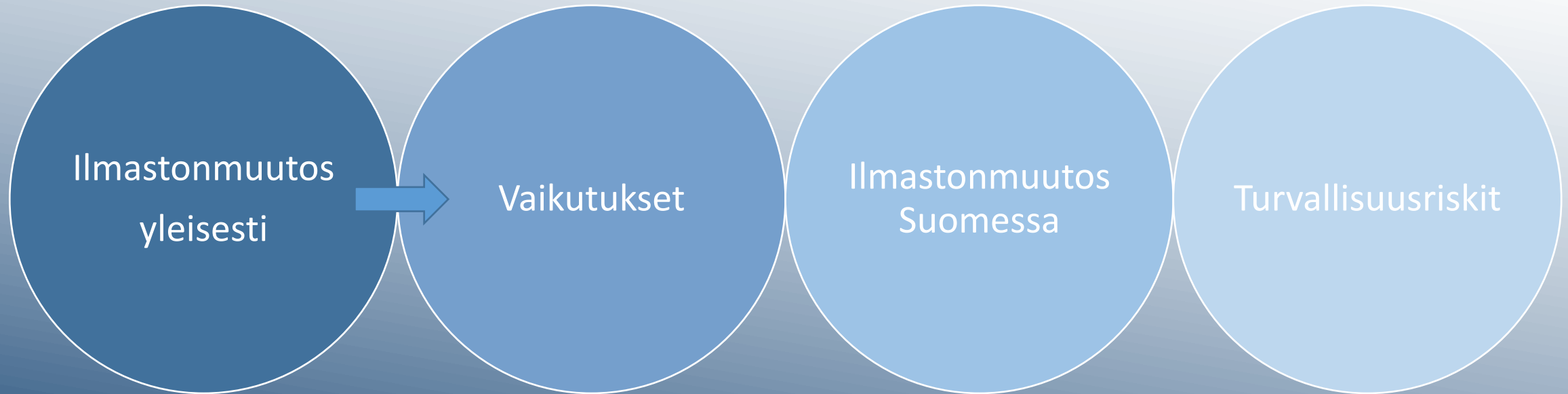
Ilmastonmuutos
yleisesti

Vaikutukset

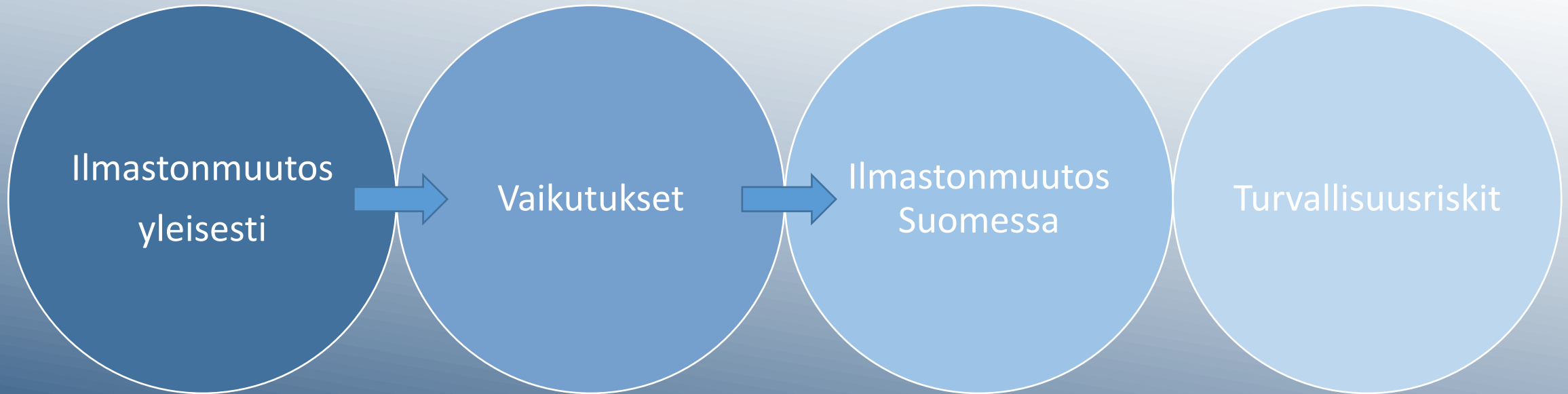
Ilmastonmuutos
Suomessa

Turvallisuusriskit

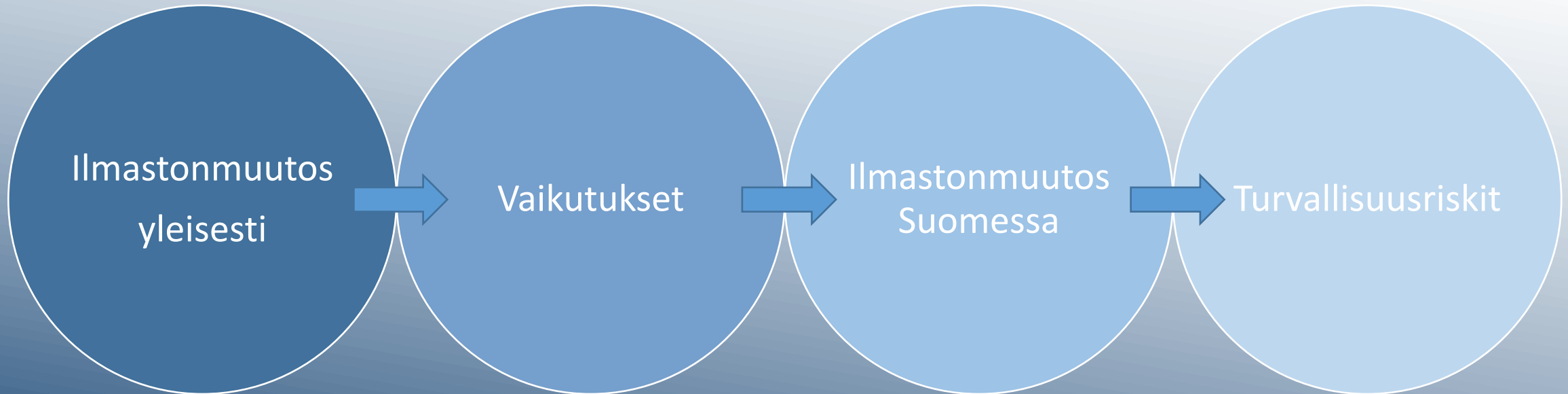
Esityksen ainekset



Esityksen ainekset



Esityksen ainekset



Globaali ilmaston lämpeneminen aiheuttaa muutoksia myös paikallisiin sääoloihin

Maapallon keskilämpötila on noussut 1,1 °C esiteolliseen aikaan verrattuna.

Ihmisten toiminta on aiheuttanut tästä lähes kaiken.

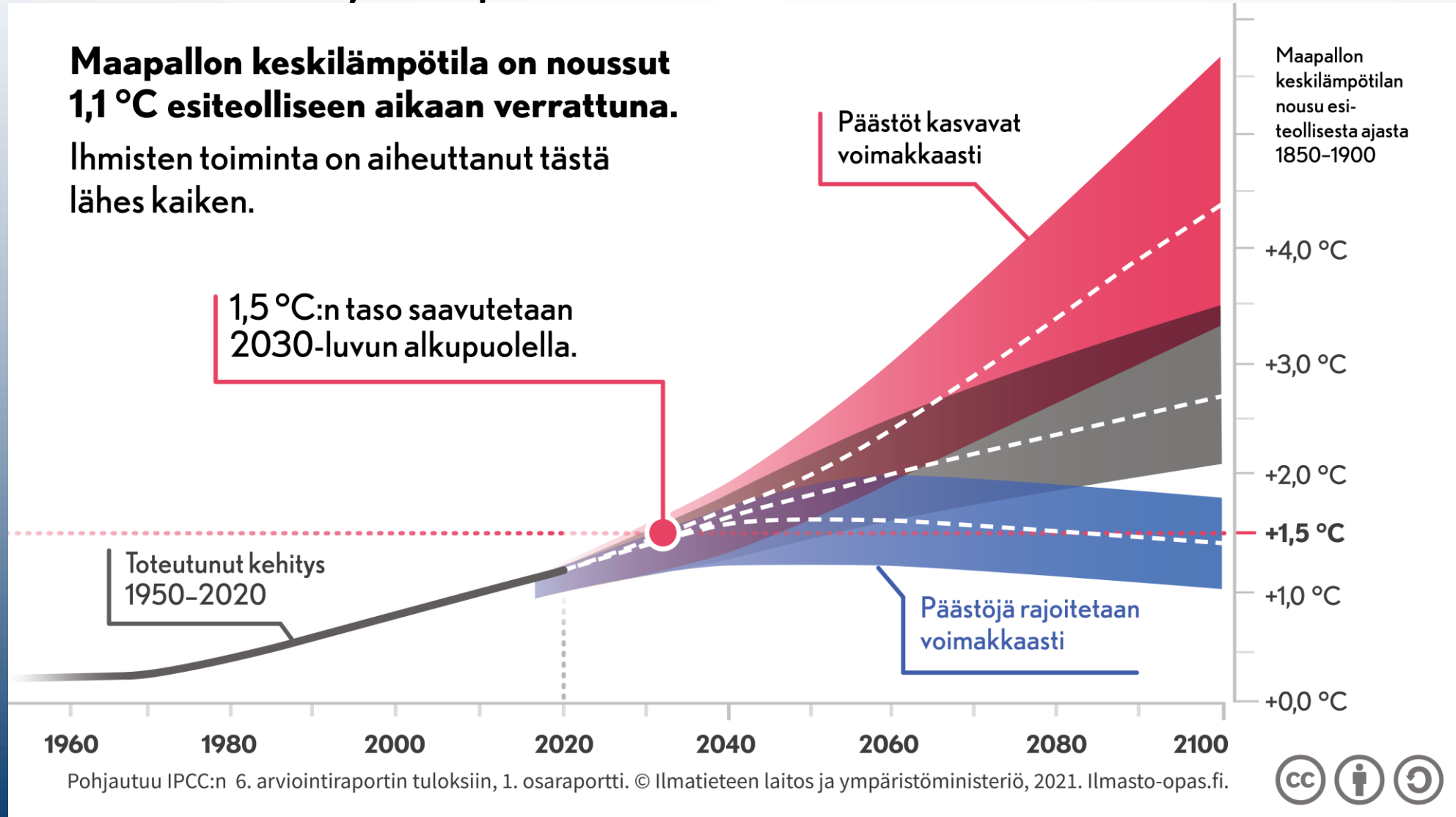
1,5 °C:n taso saavutetaan 2030-luvun alkupuolella.

Toteutunut kehitys 1950-2020

Päästöt kasvavat voimakkaasti

Päästöjä rajoitetaan voimakkaasti

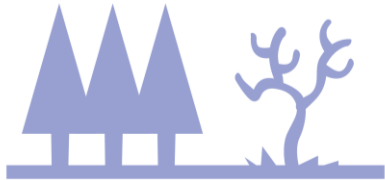
Maapallon keskilämpötilan nousu esiteollisesta ajasta 1850-1900



Ilmastonmuutos näkyy maalla, merissä ja ilmakehässä

MAALLA

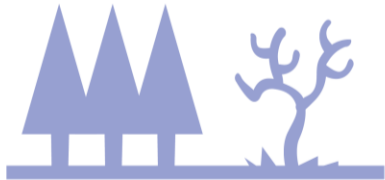
- ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti napoja
- rankkasateet lisääntyvät monin paikoin
- kuivuus lisääntyy



Ilmastonmuutos näkyy maalla, merissä ja ilmakehässä

MAALLA

- ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti napoja
- rankkasateet lisääntyvät monin paikoin
- kuivuus lisääntyy



MERELLÄ

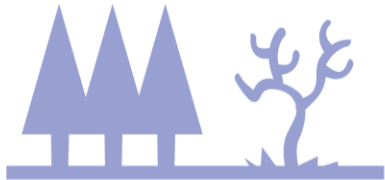
- merivesi lämpenee
- valtamerien pinta nousee
PERUUTTAMATONTA
- meret happamoituvat ja happipitoisuus laskee
PERUUTTAMATONTA



Ilmastonmuutos näkyy maalla, merissä ja ilmakehässä

MAALLA

- ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti napoja
- rankkasateet lisääntyvät monin paikoin
- kuivuus lisääntyy



MERELLÄ

- merivesi lämpenee
- valtamerten pinta nousee
PERUUTTAMATONTA
- meret happamoituvat ja happipitoisuus laskee
PERUUTTAMATONTA



ILMAKEHÄSSÄ

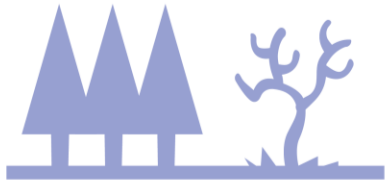
- kasvihuonekaasujen pitoisuudet kasvavat
- ilmakehän alaosa lämpenee
- kosteussisältö kasvaa



Ilmastonmuutos näkyy maalla, merissä ja ilmakehässä

MAALLA

- ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti napoja
- rankkasateet lisääntyvät monin paikoin
- kuivuus lisääntyy



MERELLÄ

- merivesi lämpenee
- valtamerten pinta nousee
PERUUTTAMATONTA
- meret happamoituvat ja happipitoisuus laskee
PERUUTTAMATONTA



ILMAKEHÄSSÄ

- kasvihuonekaasujen pitoisuudet kasvavat
- ilmakehän alaosa lämpenee
- kosteussisältö kasvaa



LUMI- JA JÄÄPEITTEESSÄ

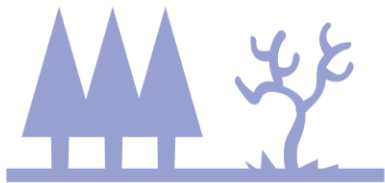
- merien ja järvien jää vähenee
- lumipeite vähenee
- jäätiköt kutistuvat
PERUUTTAMATONTA



Ilmastonmuutos näkyy maalla, merissä ja ilmakehässä

MAALLA

- ilmastovyöhykkeet siirtyvät kohti napoja
- rankkasateet lisääntyvät monin paikoin
- kuivuus lisääntyy



MERELLÄ

- merivesi lämpenee
- valtamerien pinta nousee
PERUUTTAMATONTA
- meret happamoituvat ja happipitoisuus laskee
PERUUTTAMATONTA



ILMAKEHÄSSÄ

- kasvihuonekaasujen pitoisuudet kasvavat
- ilmakehän alaosa lämpenee
- kosteussisältö kasvaa



LUMI- JA JÄÄPEITTEESSÄ

- merien ja järvien jää vähenee
- lumipeite vähenee
- jäätiköt kutistuvat
PERUUTTAMATONTA



VAHINKOA JA VAARAA AIHEUTTAVAT SÄÄILMIÖT OVAT LISÄÄNTYNEET



Helleaaltoja, kuivuutta, rankkasateita ja voimakkaita trooppisia hirmumyrskyjä esiintyy aiempaa useammin.

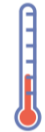
Lämpenemisen riskit ja vaikutukset ovat sitä suuremmat mitä enemmän ilmasto lämpenee

Vahinkoa aiheuttavien sääilmiöiden muutos esiteollisesta ajasta 1850–1900

nykyhetki +1,1 °C

Lämpötila

Vuosikymmenen kuumin päivä lämpenee (+°C)



+1,2 °C

Kuivuus

Kerran vuosikymmenessä koettu kuivuusjakso iskee x kertaa useammin



2 ×
useammin

Sademäärä

Vuosikymmenen sateisimman päivän sademäärä koetaan x kertaa useammin



1,3 ×
useammin



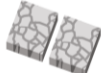
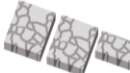




Trooppiset myrskyt

Voimakkaiden trooppisten myrskyjen osuus kasvaa (%)







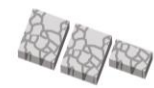







Lämpenemisen riskit ja vaikutukset ovat sitä suuremmat mitä enemmän ilmasto lämpenee

Vahinkoa aiheuttavien sääilmiöiden muutos esiteollisesta ajasta 1850–1900

	nykyhetki +1,1 °C	+1,5 °C
Lämpötila Vuosikymmenen kuumin päivä lämpenee (+°C)	 +1,2 °C	 +1,9 °C
Kuivuus Kerran vuosikymmenessä koettu kuivuusjakso iskee x kertaa useammin	 2 × useammin	 2,4 ×
Sademäärä Vuosikymmenen sateisimman päivän sademäärä koetaan x kertaa useammin	 1,3 × useammin	 1,5 ×
Trooppiset myrskyt Voimakkaiden trooppisten myrskyjen osuus kasvaa (%)		 +10 %





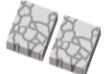
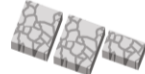
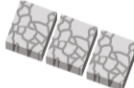
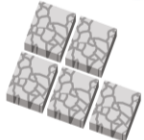








Lämpenemisen riskit ja vaikutukset ovat sitä suuremmat mitä enemmän ilmasto lämpenee

Vahinkoa aiheuttavien sääilmiöiden muutos esiteollisesta ajasta 1850–1900

	nykyhetki +1,1 °C	+1,5 °C	+2 °C
Lämpötila Vuosikymmenen kuumin päivä lämpenee (+°C)	 +1,2 °C	 +1,9 °C	 +2,6 °C
Kuivuus Kerran vuosikymmenessä koettu kuivuusjakso iskee x kertaa useammin	 2 × useammin	 2,4 ×	 3,1 ×
Sademäärä Vuosikymmenen sateisimman päivän sademäärä koetaan x kertaa useammin	 1,3 × useammin	 1,5 ×	 1,8 ×
Trooppiset myrskyt Voimakkaiden trooppisten myrskyjen osuus kasvaa (%)		 +10 %	 +13 %

Lämpenemisen riskit ja vaikutukset ovat sitä suuremmat mitä enemmän ilmasto lämpenee

Vahinkoa aiheuttavien sääilmiöiden muutos esiteollisesta ajasta 1850–1900

	nykyhetki +1,1 °C	+1,5 °C	+2 °C	+4 °C
Lämpötila Vuosikymmenen kuumin päivä lämpenee (+°C)	 +1,2 °C	 +1,9 °C	 +2,6 °C	 +5,1 °C
Kuivuus Kerran vuosikymmenessä koettu kuivuusjakso iskee x kertaa useammin	 2 × useammin	 2,4 ×	 3,1 ×	 5,1 ×
Sademäärä Vuosikymmenen sateisimman päivän sademäärä koetaan x kertaa useammin	 1,3 × useammin	 1,5 ×	 1,8 ×	 2,8 ×
Trooppiset myrskyt Voimakkaiden trooppisten myrskyjen osuus kasvaa (%)		 +10 %	 +13 %	 +30 %

Ilmastonmuutoksen vaikutukset voidaan jakaa:

- **Fysikaalisiin vaikutuksiin**
 - Sateisuuden lisääntyminen
 - Lämpötilan muutokset
 - Helleaallot
- **Yhteiskunnallisiin vaikutuksiin**
 - Tulvien aiheuttamat tuhot
 - Merenpinnan nousun aiheuttama elintilan väheneminen
 - Kuivuuden vaikutus satoon



Espanjan rankkasateet syyskuussa 2019
<https://yle.fi/uutiset/3-10969538>

Suorat ja epäsuorat vaikutukset

- Suorat vaikutukset:

kohdistuvat samaan paikkaan missä muutos tapahtuu

→ Lämpötilan nousu Etelä-Suomessa vaikuttaa suoraan Etelä-Suomen talviin ja hiihtomahdollisuuksiin



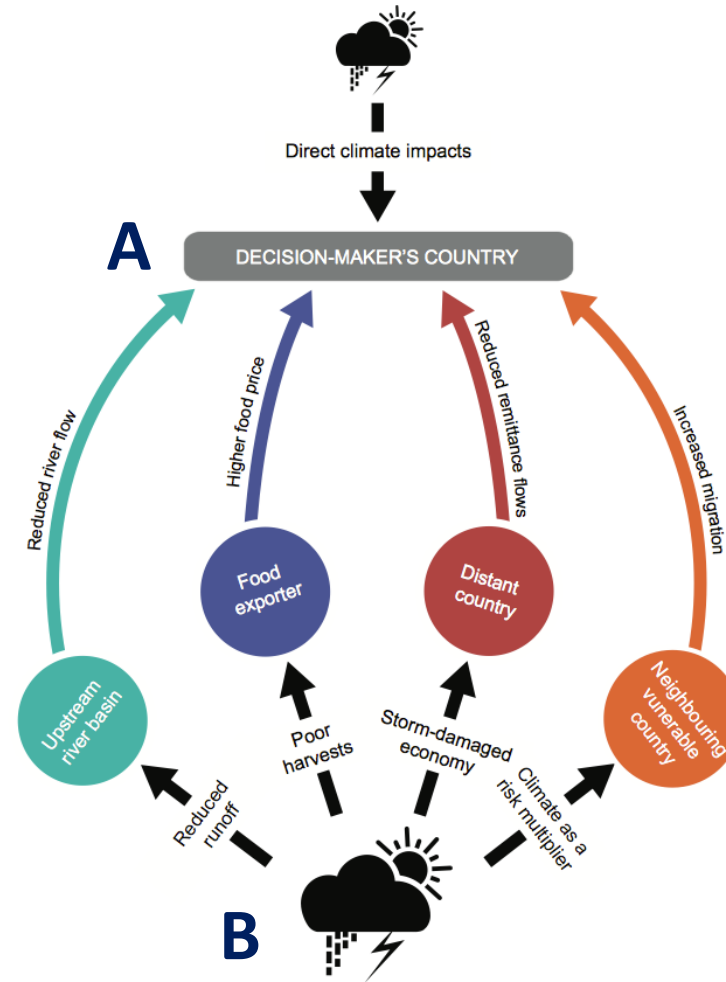
Lähteet:

HY Ilmastonmuutos nyt, kurssimateriaali

Kuva: New York Times, <https://www.nytimes.com/2019/02/02/opinion/sunday/winter-snow-ski-climate.html>

Suorat ja epäsuorat vaikutukset

- Epäsuorat vaikutukset: koetaan paikassa A vaikka muutos tapahtuu paikassa B



Kuva 2.1 Neljä esimerkkiä ilmastonmuutoksen aiheuttamista epäsuorista vaikutuksista. Kuvan lähde: Benzie (2015).

Lähteet:

HY Ilmastonmuutos nyt, kurssimateriaali

Benzie, M. National Adaptation Plans and the indirect impacts of climate change (19th January 2015). On weADAPT, the Collaborative Platform on Climate Adaptation. Accessed 1 February 2016 from <https://www.weadapt.org/knowledge-base/adaptation-without-borders/national-adaptation-plans-and-the-indirect-impacts-of-climate-change>

Benzie, M., Carter, T.R., Carlsen, H. & Taylor, R. (2019). Cross-border climate change impacts: implications for the European Union. *Regional Environmental Change* 19, 763-776.

Globaalit vaikutukset

TUHOT: Sään ääri-ilmiöt → tuhoja asutuksille ja sadoille.
Esimerkiksi rannikkokaupungit ovat alttiita tuhoille.

EPÄTASA-ARVO: Ilmastonmuutos lisää epätasa-arvoisuuksia ja köyhyyttä. Köyhät ovat yleensä heikoimmassa asemassa eikä heillä usein ole mahdollisuuksia sopeutua muutoksiin.

TERVEYS: Ilmastonmuutos lisää riskejä ihmisten terveydelle.
Esim. lämpöaallot → kuolleisuus lisääntyy Lisäksi taudinaiheuttajien elinolosuhteet voivat olla paremmat lämpimämmässä ilmastossa.

RUOKA: Satojen pieneneminen on uhka globaalille ruokaturvalle.

PAKOLAISUUS: Ilmastonmuutos lisää kiistoja luonnonvaroista, muuttoliikkeitä ja pakolaisuutta.

Vaikutukset ovat isoja, mutta niiden suuruus riippuu hillintä ja sopeutumistoimenpiteistä!

Lähteet:

-HY ilmastonmuutos nyt kurssimateriaali
-IPCC, 2014: *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., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.



Ilmastonmuutos Suomessa

Lämpötila:

- Lämpötila nousee kaikkina vuodenaikoina, talvella kuitenkin enemmän kuin kesällä.

Sateet ja pilvisuus:

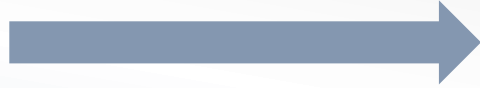
- Talvella sataa selvästi nykyistä enemmän ja aurinkoa nähdään harvemmin.
- Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muutu paljon, mutta rankkasateiden arvioidaan voimistuvan

Tuulisuus:

- Keskimääräiset tuulen voimakkuudet pysyvät likimain ennallaan. Voimakkaimpien tuulten osalta muutos on epävarma.

Ilmastonmuutos Suomessa

Lämpötila:



- Lämpötila nousee kaikkina vuodenaikoina, talvella kuitenkin enemmän kuin kesällä.

Sateet ja pilvisuus:

- Talvella sataa selvästi nykyistä enemmän ja aurinkoa nähdään harvemmin.
- Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muutu paljon, mutta rankkasateiden arvioidaan voimistuvan

Tuulisuus:

- Keskimääräiset tuulen voimakkuudet pysyvät likimain ennallaan. Voimakkaimpien tuulten osalta muutos on epävarma.

Huom: Yksittäisiä sääilmiöitä on vaikea liittää ilmastonmuutokseen, mutta ääri-ilmiöiden lisääntyminen näyttää melko selvältä.

Muutosten voimakkuuden sanelevat kasvihuonekaasupäästöt!

Ilmastonmuutos Suomessa

Lämpötila:

- Lämpötila nousee kaikkina vuodenaikoina, talvella kuitenkin enemmän kuin kesällä.

Sateet ja pilvisuus:

- Talvella sataa selvästi nykyistä enemmän ja aurinkoa nähdään harvemmin.
- Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muutu paljon, mutta rankkasateiden arvioidaan voimistuvan

Tuulisuus:

- Keskimääräiset tuulen voimakkuudet pysyvät likimain ennallaan. Voimakkaimpien tuulten osalta muutos on epävarma.

Vaikutukset:

- Talvet vähälumisempia (etelässä)
- Helleaallot ja metsäpalot yleistyvät
- Suotuisampi ilmasto tuholaisille/ taudeille

Huom: Yksittäisiä sääilmiöitä on vaikea liittää ilmastonmuutokseen, mutta ääri-ilmiöiden lisääntyminen näyttää melko selvältä.

Muutosten voimakkuuden sanelevat kasvihuonekaasupäästöt!

Ilmastonmuutos Suomessa

Lämpötila:

- Lämpötila nousee kaikkina vuodenaikoina, talvella kuitenkin enemmän kuin kesällä.

Sateet ja pilvisuus:

- Talvella sataa selvästi nykyistä enemmän ja aurinkoa nähdään harvemmin.
- Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muutu paljon, mutta rankkasateiden arvioidaan voimistuvan

Tuulisuus:

- Keskimääräiset tuulen voimakkuudet pysyvät likimain ennallaan. Voimakkaimpien tuulten osalta muutos on epävarma.

Vaikutukset:

- Talvet vähälumisempia (etelässä)
- Helleaallot ja metsäpalot yleistyvät
- Suotuisampi ilmasto tuholaisille/ taudeille

Vaikutukset:

- Tulvat lisääntyvät runsaampien sateiden myötä

Huom: Yksittäisiä sääilmiöitä on vaikea liittää ilmastonmuutokseen, mutta ääri-ilmiöiden lisääntyminen näyttää melko selvältä.

Muutosten voimakkuuden sanelevat kasvihuonekaasupäästöt!

Ilmastonmuutos Suomessa

Lämpötila:

- Lämpötila nousee kaikkina vuodenaikoina, talvella kuitenkin enemmän kuin kesällä.

Sateet ja pilvisuus:

- Talvella sataa selvästi nykyistä enemmän ja aurinkoa nähdään harvemmin.
- Kesällä keskimääräinen sademäärä ei muutu paljon, mutta rankkasateiden arvioidaan voimistuvan

Tuulisuus:

- Keskimääräiset tuulen voimakkuudet pysyvät likimain ennallaan. Voimakkaimpien tuulten osalta muutos on epävarma.

Vaikutukset:

- Talvet vähälumisempia (etelässä)
- Helleaallot ja metsäpalot yleistyvät
- Suotuisampi ilmasto tuholaisille/ taudeille

Vaikutukset:

- Tulvat lisääntyvät runsaampien sateiden myötä

Vaikutukset:

- Myrskyt eivät välttämättä voimistu, mutta esimerkiksi maan roudan väheneminen voi johtaa laajempiin myrskytuhoihin talvella

Huom: Yksittäisiä sääilmiöitä on vaikea liittää ilmastonmuutokseen, mutta ääri-ilmiöiden lisääntyminen näyttää melko selvältä.

Muutosten voimakkuuden sanelevat kasvihuonekaasupäästöt!

Muutokset vuodenaajoissa tuovat muutoksia eri sektorien toimintaan

- Runsaslumiset talvet pohjoisessa → Sähköverkkoyhtiöiden valmiudet, rakennusten kantavuus
- Muuttuvan ilmaston huomioiminen rakentamisessa ja kaupunkisuunnittelussa → viherrakentaminen (tulvien estämiseksi ja helleaaltojen hillitsemiseksi), talojen ilmastoinnin suunnittelu sopivaksi lämpimämpiin kesiin, kattojen kantavuudet

Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit Suomessa voidaan luokitella:

- 1) Riskit rajojen sisäpuolella
- 2) Rajojen ulkopuolelta heijastuvat riskit
- 3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit



1) Riskit rajojen sisäpuolella

Ilmastonmuutos aiheuttaa Suomessa sekä alueellisia että kansallisen tason riskejä

- Tulvat → Pelastustoiminta
- Metsäpalot → Pelastustoiminta
- Myrskyt → Sähkökatkot
- Kuivuus → Vedenhankinta, maatalous
- Helleaallot → Terveysvaikutukset

Ilmastonmuutos vaikuttaa näihin riskeihin muuttamalla sään ääri-ilmiöiden voimakkuutta, esiintymistiheyttä, sekä tyypillistä esiintymisajankohtaa → Myös yhteiskunnalliset riskit muuttuvat. Sää- ja ilmatoriskien hallinta → Alueelliset riskiarviot siten tärkeitä, sillä riskit ja olosuhteet vaihtelevat Suomen eri osissa.

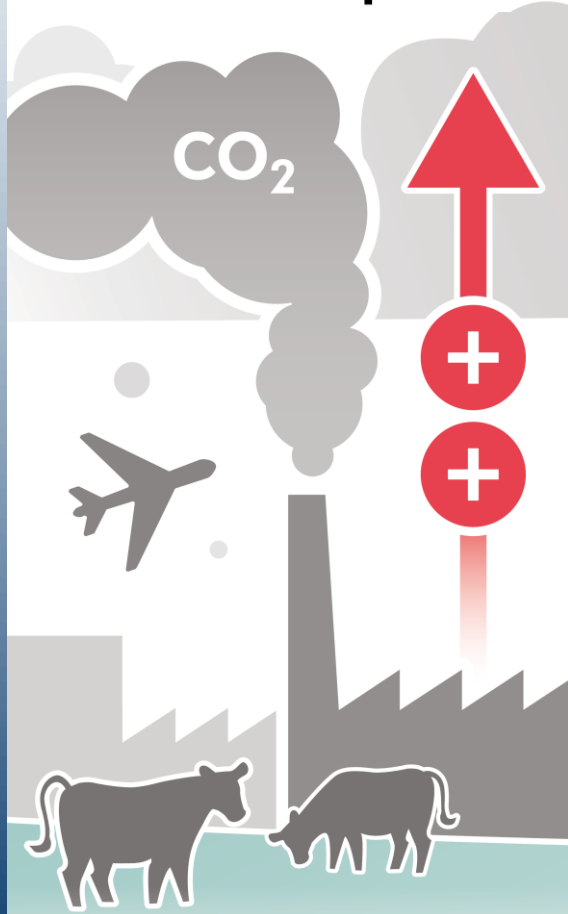
2) Rajojen ulkopuolelta heijastuvat riskit

- Teollisuuden toimitusketjut (altistuminen sään ääri-ilmiöille)
- Laajamittainen maahanmuutto
- Kansainvälinen talous ja huoltovarmuus
- Ruuantuotannon epävarmuus
- Kasvitaudit, tuholais- ja rikkakasvilajit leviävät



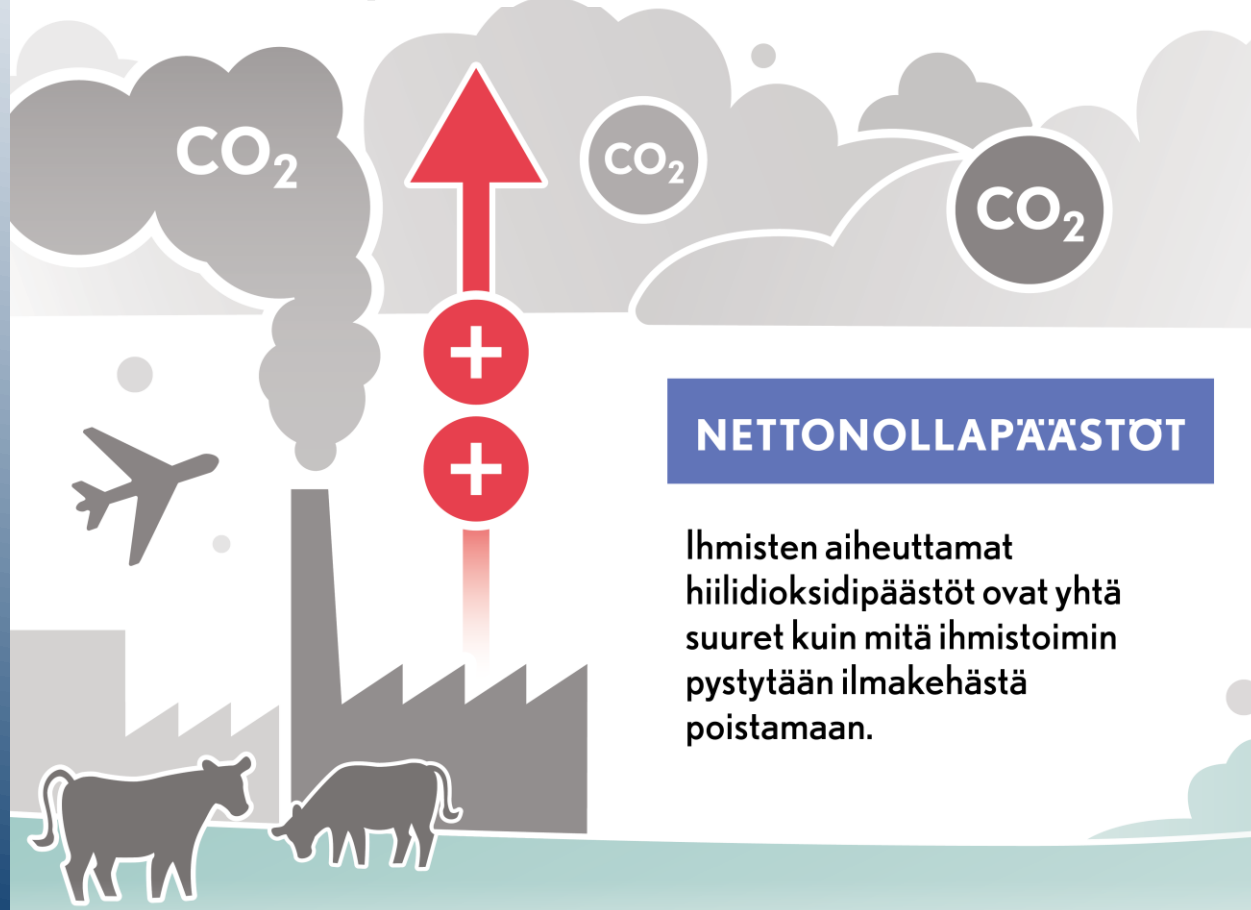
3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit

Ilmastonmuutoksen rajoittaminen vaatii, että päästövähennysten lisäksi ilmakehästä poistetaan hiilidioksidia.



3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit

Ilmastonmuutoksen rajoittaminen vaatii, että päästövähennysten lisäksi ilmakehästä poistetaan hiilidioksidia.

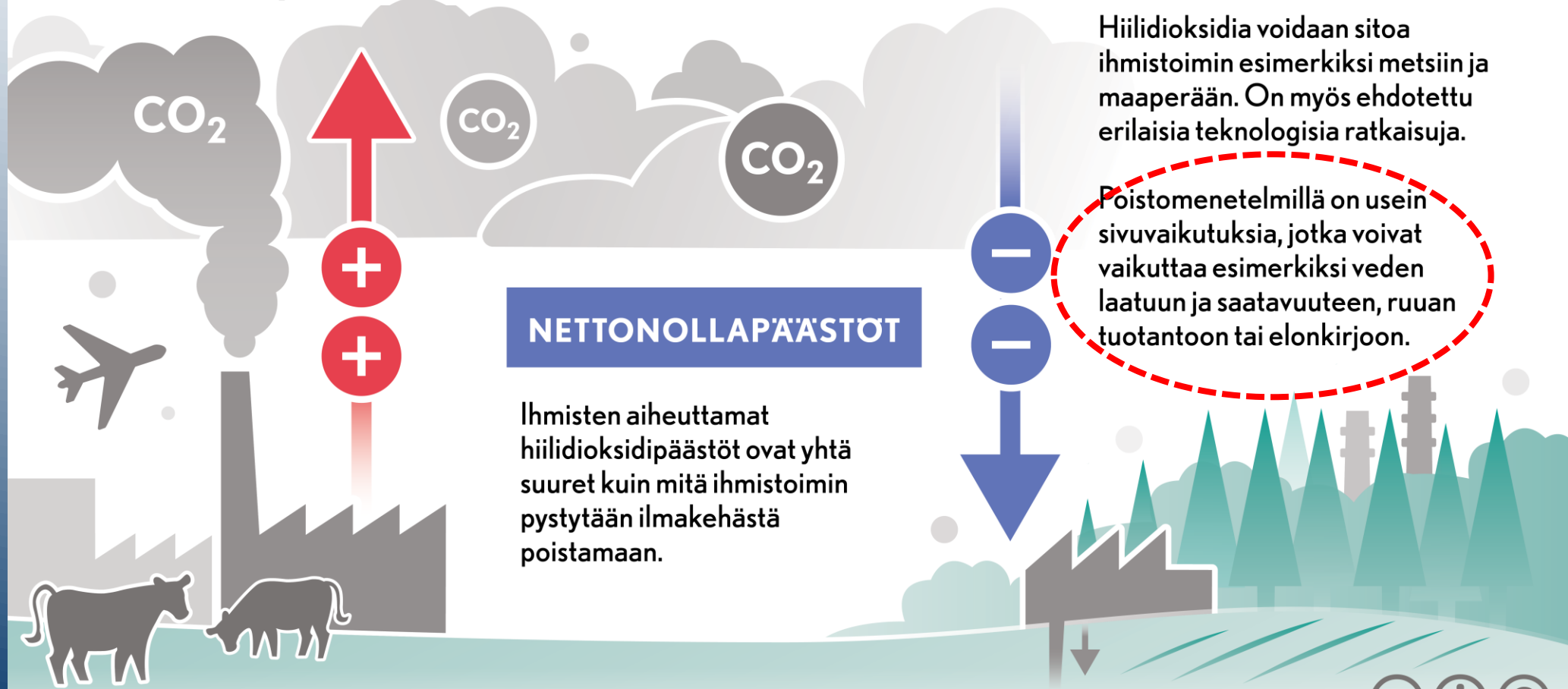


NETTONOLLAPÄÄSTÖT

Ihmisten aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat yhtä suuret kuin mitä ihmistoimin pystytään ilmakehästä poistamaan.

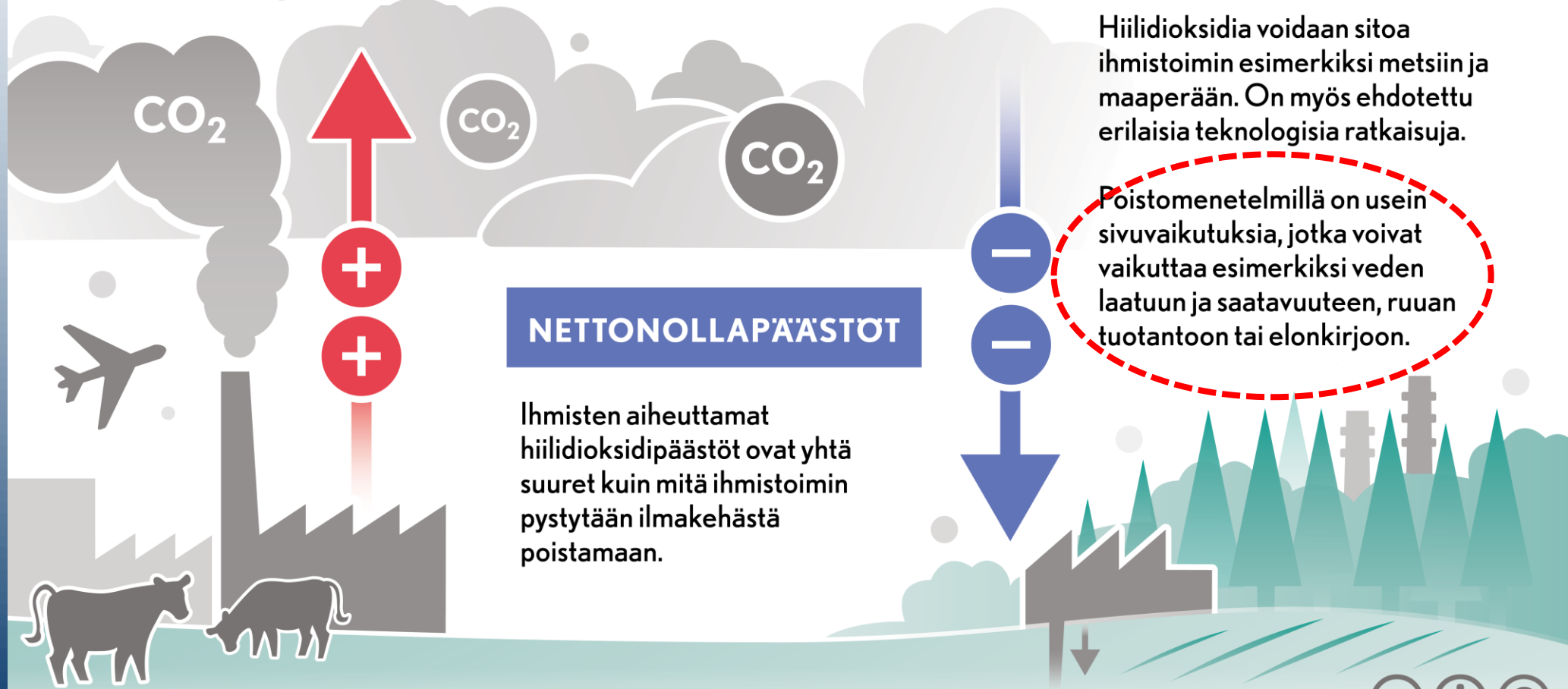
3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit

Ilmastonmuutoksen rajoittaminen vaatii, että päästövähennysten lisäksi ilmakehästä poistetaan hiilidioksidia.



3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit

Ilmastonmuutoksen rajoittaminen vaatii, että päästövähennysten lisäksi ilmakehästä poistetaan hiilidioksidia.



3) Ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät siirtymäriskit

Siirtymäriskit: Siirtymästä kohti vähähiilistä yhteiskuntaa aiheutuvat riskit

- Ilmastopolitiikan kiristyminen → yhteiskunnallinen vastakkainasettelu
- Energiamurrokseen vaadittujen raaka-aineiden turvaaminen
- Fossiilisesta tuotannosta luopumisesta seuraaviin poliittiset muutokset

→ Riskit kasvavat mikäli niitä ei vähennetä ja hallita



Kuva: Getty



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Kiitos, Kysymyksiä?

Contact: ilona.lang-ritter@fmi.fi

 [@lang_ilona](https://twitter.com/lang_ilona)



References:

- Albrecht, A., Hanewinkel, M., Bauhus, J. et al. (2012). How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations. *Eur J Forest Res* 131, 229–247. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0432-x>
- Bründl, M., & Rickli, C. (2002). The storm Lothar 1999 in Switzerland—an incident analysis. *Forest Snow Landscape Research*, 77, 207-216.
- Finnish Energy, E. O.: Energy distribution interruptions 2010-2018 - Finnish Energy, https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/sahkon_365keskeytystilastot_2010-2018.html#material-view, 2010-2018.
- Láng, I., Laurila, T. K., Sinclair, V., Mäkelä, A. and Gregow, H.: Investigating windstorm impacts on electricity grids by classifying 83 most severe cases in Finland. (In preparation)
- Nurmi, V., Pilli-Sihvola, K., Gregow, H., Perrels, A. (2019), Over-adaptation to Climate Change? The case of the 2013 Finnish Electricity Market Act, *Economics of Disasters and Climate Change*, Vol.3, Issue 2, pp 161–190 <https://doi.org/10.1007/s41885-018-0038-1>
- Spinoni, J., Formetta, G., Mentaschi, L., Forzieri, G., & Feyen, L. (2020). Global warming and windstorm impacts in the EU.
- Tervo, R., Láng, I., Jung, A., & Mäkelä, A. (2021). Predicting power outages caused by extratropical storms. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(2), 607-627.
- Valta, H., Lehtonen, I., Laurila, T. K., Venäläinen, A., Laapas, M., and Gregow, H., 2019: Communicating the amount of windstorm induced forest damage by the maximum wind gust speed in Finland. *Adv. Sci. Res.*, 16, 31–37, <https://doi.org/10.5194/asr-16-31-2019>