

Miten hiilineutraali energiajärjestelmä saavutetaan alueellisesti?

Erityisasiantuntija **Karoliina Auvinen**, SYKE

| Pirkanmaan ilmastofoorumi | 8.6.2020 |

Ilmastonmuutos uhkaa elämää, terveyttä ja taloutta

Ilmastonmuutoksen globaali sosiaalisten haittojen kustannus (GSCC, global social cost of carbon) on keskimäärin $417 \text{ \$}/\text{tCO}_2 = 370 \text{ eur}/\text{tCO}_2$

Lähde: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0282-y.epdf>

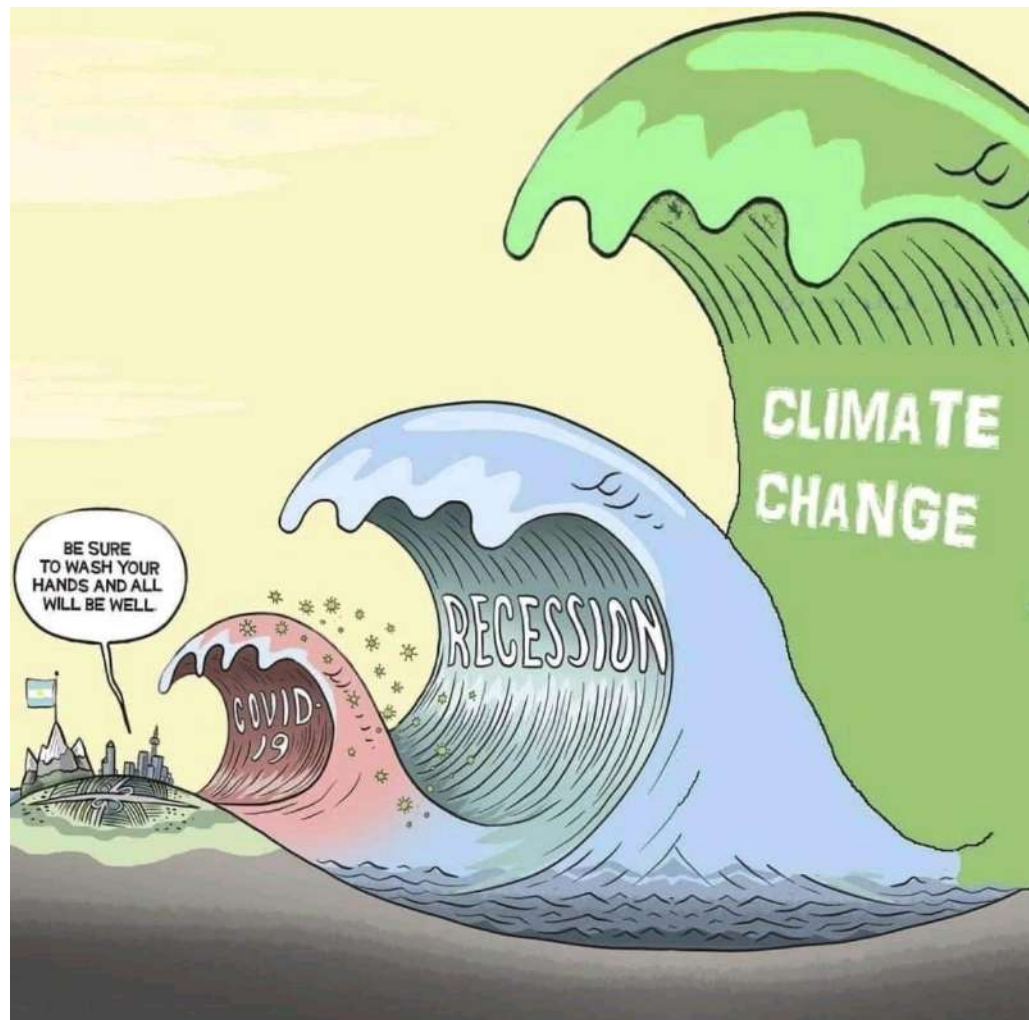


Extreme global weather is 'the face of climate change' says leading scientist

Exclusive: Prof Michael Mann declares the impacts of global warming are now 'playing out in real-time'

● Heatwave made more than twice as likely by climate change, scientists find



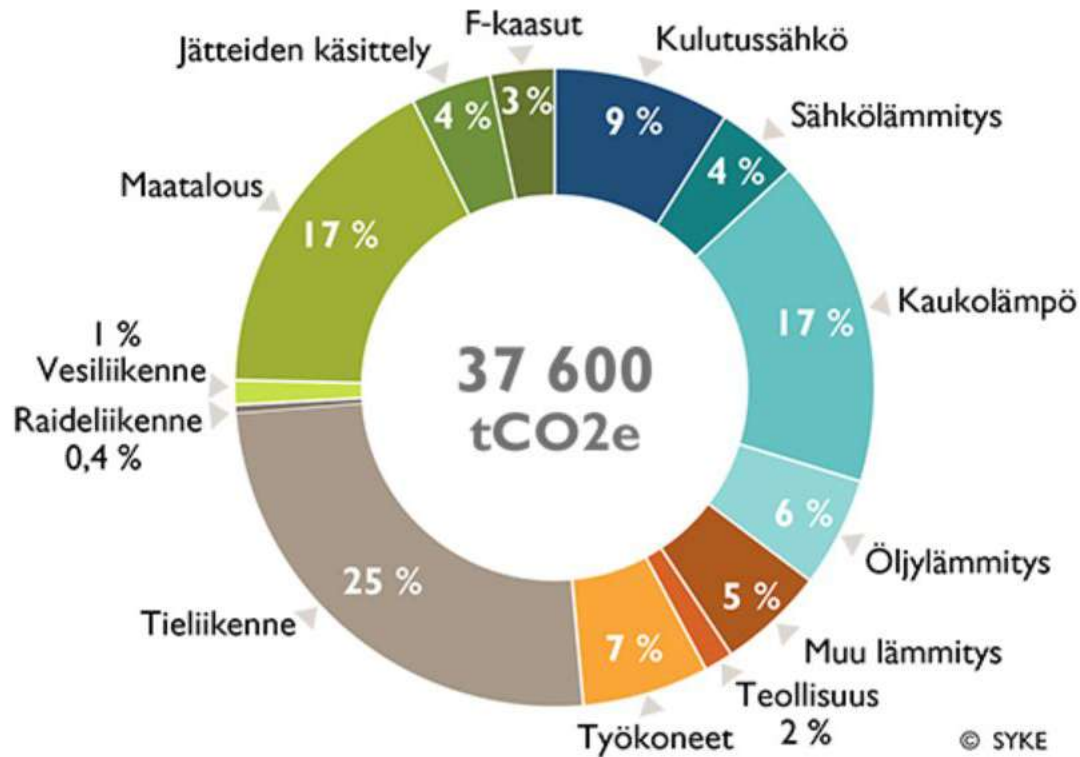


Mistä kasvihuonekaasupäästöt syntyvät?

- Kasvihuonekaasupäästöjä syntyy eniten (56%) fossiilisten polttoaineiden polttamisesta.
- Maatalouden päästöt aiheutuvat etenkin märehtijöiden ruoansulatuksesta, typpilannoitteiden käytöstä, lannan käsittelystä ja peltojen orgaanisen aineen hajoamisesta.
- Teollisuusprosessien päästöt syntyvät muun muassa typpihapon, teräksen ja sementin valmistuksesta.
- Maankäyttösektorilta suurin osa päästöistä syntyy Suomessa turvemaapeltojen, ojitettujen turvemaametsien ja **turvetuotantoalueiden maaperän orgaanisen aineen hajoamisesta.**



Ojitettujen soiden maaperästä tulee päästöjä, kun vanhojen turvekerrosten hiili vapautuu kuivatuksen seurauksena hiilidioksidina ilmakehään



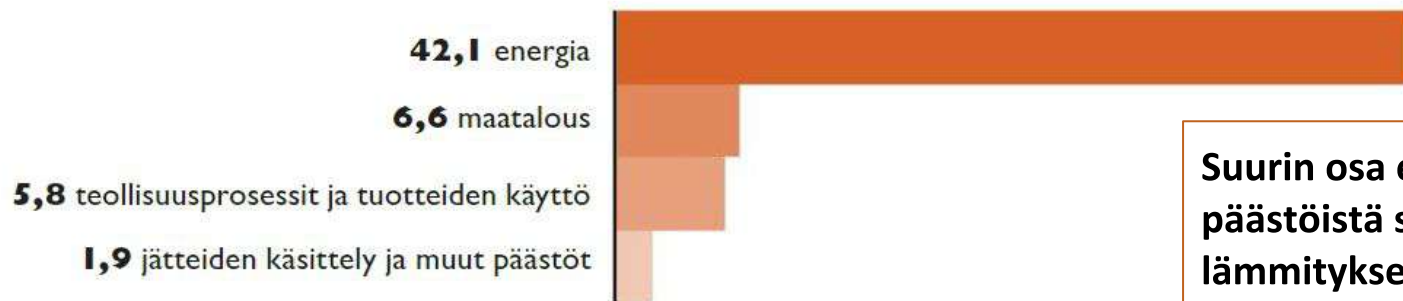
Suurin osa kuntien alueellisista päästöistä syntyy fossiilisten polttoaineiden polttamisesta ajoneuvoissa ja lämmityksessä

Lisätietoja:

[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_paastolaskentajärjestelmä_kaikille_\(54833\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_paastolaskentajärjestelmä_kaikille_(54833))

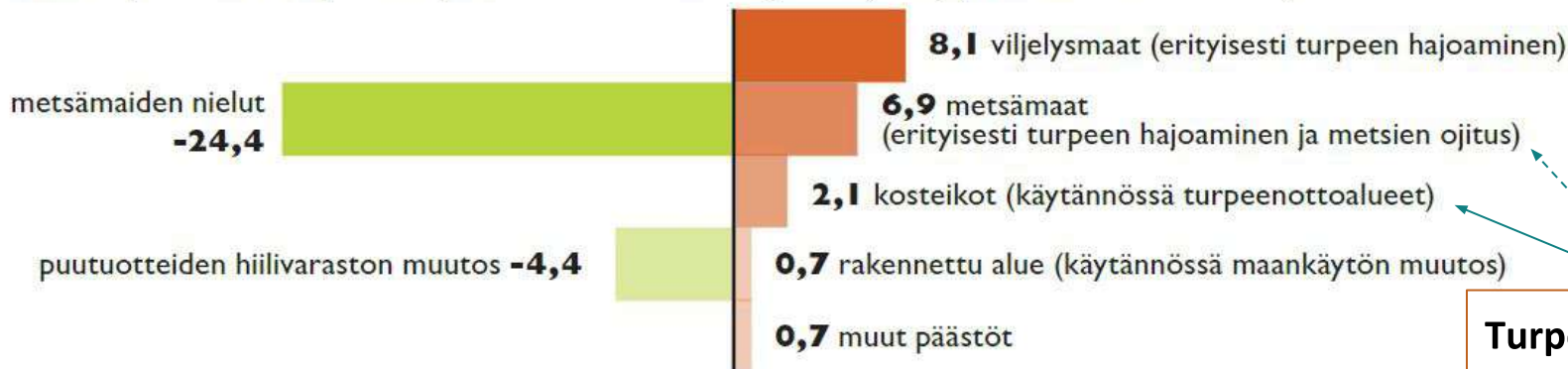
Suomen päästölähteet ja nielut vuonna 2018

Päästökauppa- ja taakanjakosektorin päästöt yhteensä 56,4 Mt CO₂ ekv. (75%)



Suurin osa energiasektorin päästöistä syntyy lämmityksestä ja liikenteestä

Maankäyttösektorin päästöt yhteensä 18,7 Mt CO₂ ekv. (25%) ja nielut -28,9 Mt CO₂ ekv.

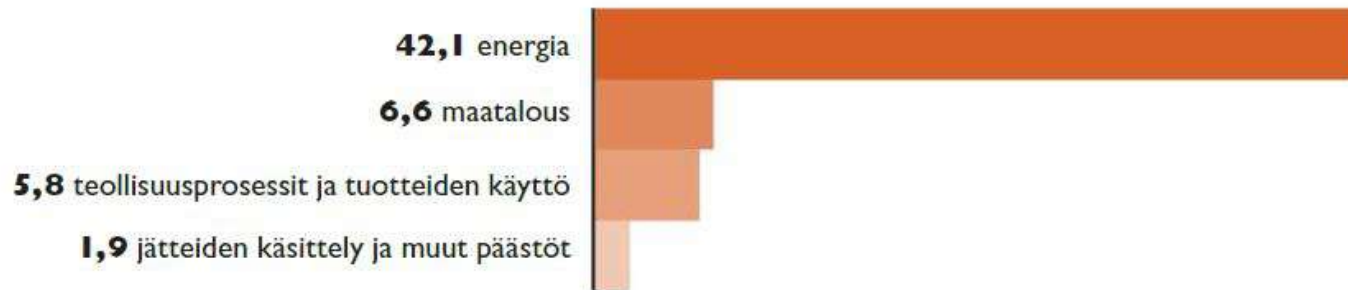


Turpeenotto ja turvemaat aiheuttavat myös maaperäpäästöjä

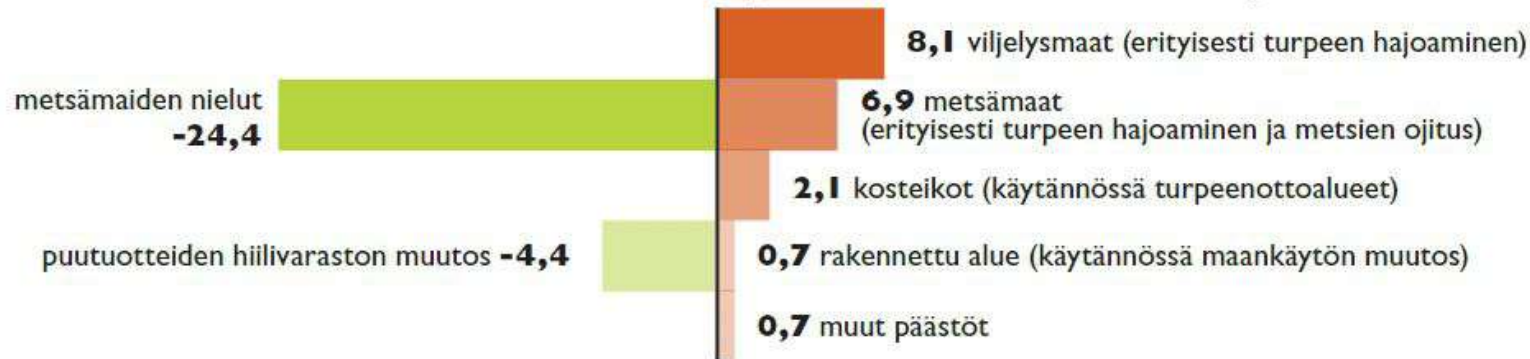
Suomen kasvihuonekaasuinventaarion mukaan Suomen päästöt olivat vuonna 2018 yhteensä 75 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (Mt CO₂ ekv.).⁷ Suurin osa (56 %) Suomen päästöistä syntyi fossiilisten polttoaineiden poltosta energiaksi muun muassa liikenteessä ja lämmityksessä.

Hiilineutraalius saavutetaan, kun päästöt ovat yhtä suuret kuin niitä sitovat hiilinielut

Päästökauppa- ja taakanjakosektorin päästöt yhteensä 56,4 Mt CO₂ ekv. (75%)



Maankäyttösektorin päästöt yhteensä 18,7 Mt CO₂ ekv. (25%) ja nielut -28,9 Mt CO₂ ekv.

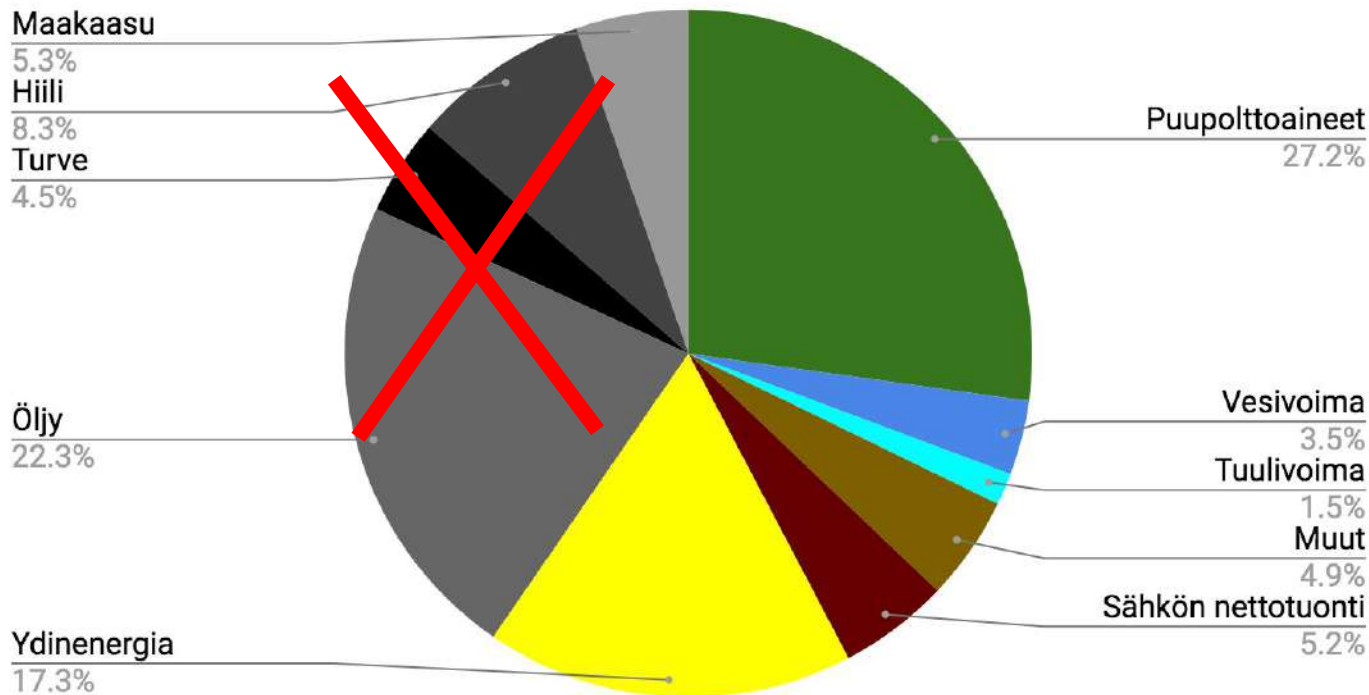


Lue lisää
päästölähteistä ja
merkittävistä
päästövähennys-
toimista:

https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_paastovahennystoimet?fr=sYzFmYTE0MD E4OTQ

Hiilineutraali Suomi - fossiiliset polttoaineet pitää korvata puhtailla energialähteillä

Energialähteiden osuudet Suomen kokonaiskulutuksesta v. 2018



Primäärienergia fossiilivapaassa Suomessa

Primäärienergiälähteet	Primäärienergian kulutus Suomessa vuonna 2018	Kulutus 100% fossiilivapaassa skenaariossa vuonna 2040
Tuulivoima	6 TWh	60 TWh
		+ 40 TWh synteettisiin polttoaineisiin 16 TWh (hyötysuhde 40%)
Aurinkovoima	0,1 TWh*	3 TWh
Ydinpolttoaineet, uraani	66 TWh	106 TWh (36 TWh sähköä)
Biomassa	104 TWh	110 TWh
Ympäristö- ja hukkalämpö (lämpöpumput)	10 TWh	38 TWh
Vesivoima	13 TWh	15 TWh
Vienti/tuonti	20 TWh tuonti	5 TWh vienti
Fossiiliset polttoaineet	Maakaasu 20 TWh, öljy 85 TWh, kivihiili 32 TWh ja turve 17 TWh	0 TWh

Muut, kuten kierrätyspolttoaineet 9 TWh ja teollisuuden reaktiolämpö 2 TWh on oletettu pysyvän samoina, joten ne eivät ole mukana taulukossa.

Lähde: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/40756>

Tuulivoima on nykyisin halvin sähköntuotantomuoto

	Huolto- sopimusten pituus	Tuotantohinta (ilman korkoja ja tuottovaatimuksia)
2012	10 vuotta	60 euroa/MWh
2018	30 vuotta	30-35 euroa/MWh



Esimerkkilaskelma:

Fossiilivapaan skenaarion 100 TWh tuulivoimaa vie Suomen pinta-alasta 0,7 - 1,5 %, kun 5 - 10 MW:n tuulivoimaloita tarvitaan 2 300 - 5 000 kpl.

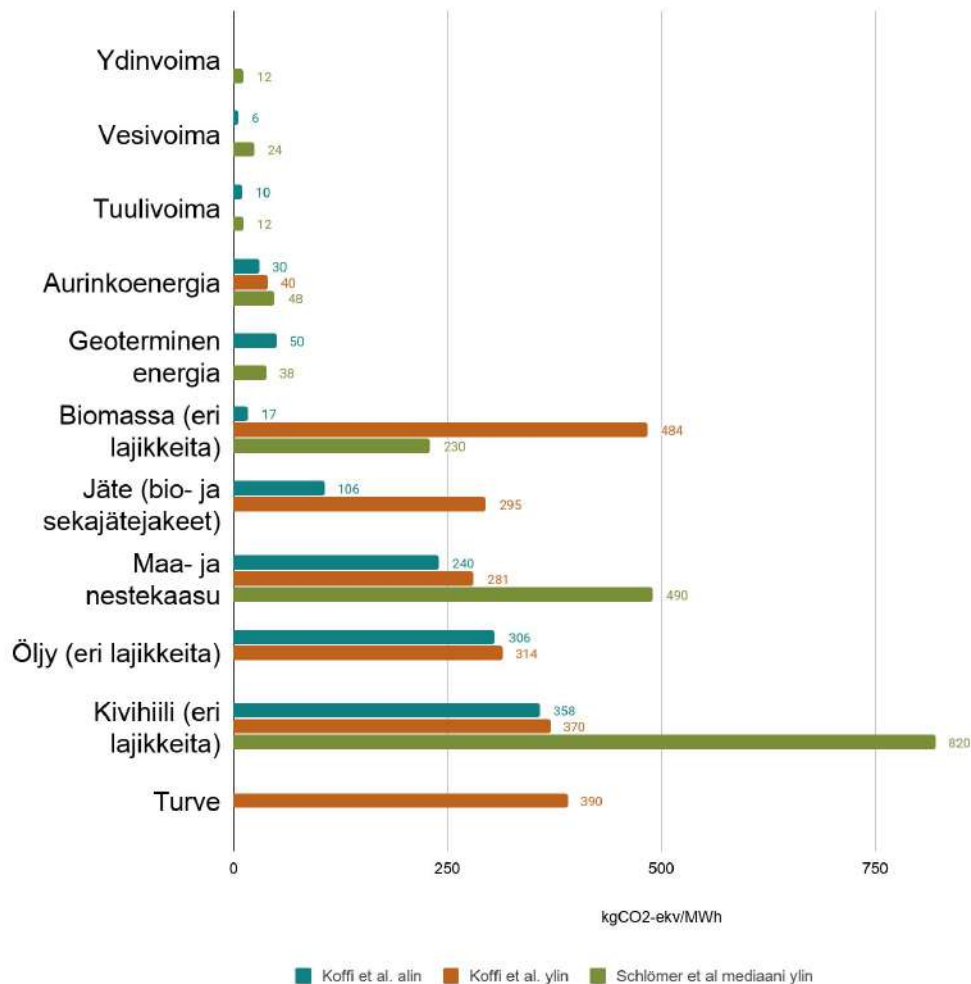
Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen polttoa tulee korvata pääosin ei-polttamiseen perustuvalla energialla

- ▶ Eniten päästöjä vähentäviä energialähteitä ovat **tuulivoima, aurinkoenergia, ympäristö- ja geoterminen lämpö, vesivoima ja ydinenergia.**
- ▶ Lämmityksessä keskiössä ovat teollisuuden ja kiinteistöjen **lämpöpumput**, joiden energialähteitä ovat **vähäpäästöisen sähkön ohella mm. yhdyskuntien, teollisuuden ja kiinteistöjen hukkalämpö sekä maa-, vesi- ja ilmalämpö.**

Puhtaan energian edistämiskeinoja kunnissa: suorat investoinnit sekä yrityksille ja kansalaisille vähäpäästöisen energiantuotannon mahdollistava kaavoitus ja luvitus.



Arvioita energialähteiden elinkaaripäästöistä



Elinkaaripäästö-
arviointien perusteella
eniten päästöjä
vähentäviä
energialähteitä ovat
tuulivoima, geoterminen
energia, aurinkoenergia,
vesivoima ja ydinvoima.

Hiilineutraali kaupunkienergia

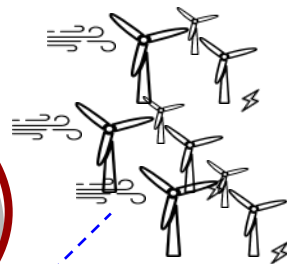
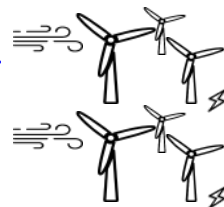
Toimistotaloissa,
konesaleissa ym.

aurinkosähköä,
sähköautoja,
lämpöpumppuja
ja lämpökaivoja

Sähkövarasto /
elektrolyseri



Joustavaa vara- ja
säättövoimaa



Tuulivoimaa

Aurinkolämpö-
keräimiä

Teollisia
lämpöpumppuja

Lämpövarastoja

Uusissa asuintaloissa
aurinkosähköä, sähköautoja ja
lämminvestivaraajia

Vanhoissa rakennuksissa
aurinkosähköä, sähköautoja,
lämpöpumppuja ja lämminvestivaraajia

Kaukolämpöverkko

Sähköverkko

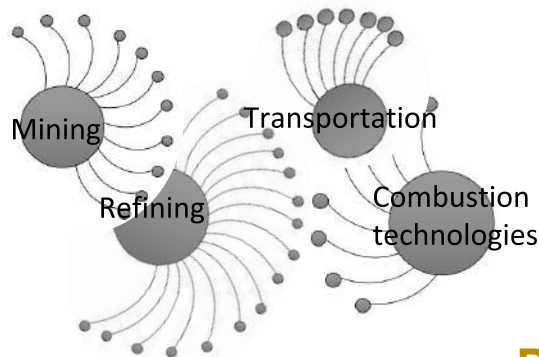
Kaukokylmäverkko

Koulussa
aurinkosähköä

Fossiilivapaus on systeminen muutos, joka edellyttää yhteiskunnalta vahvaa ohjausta

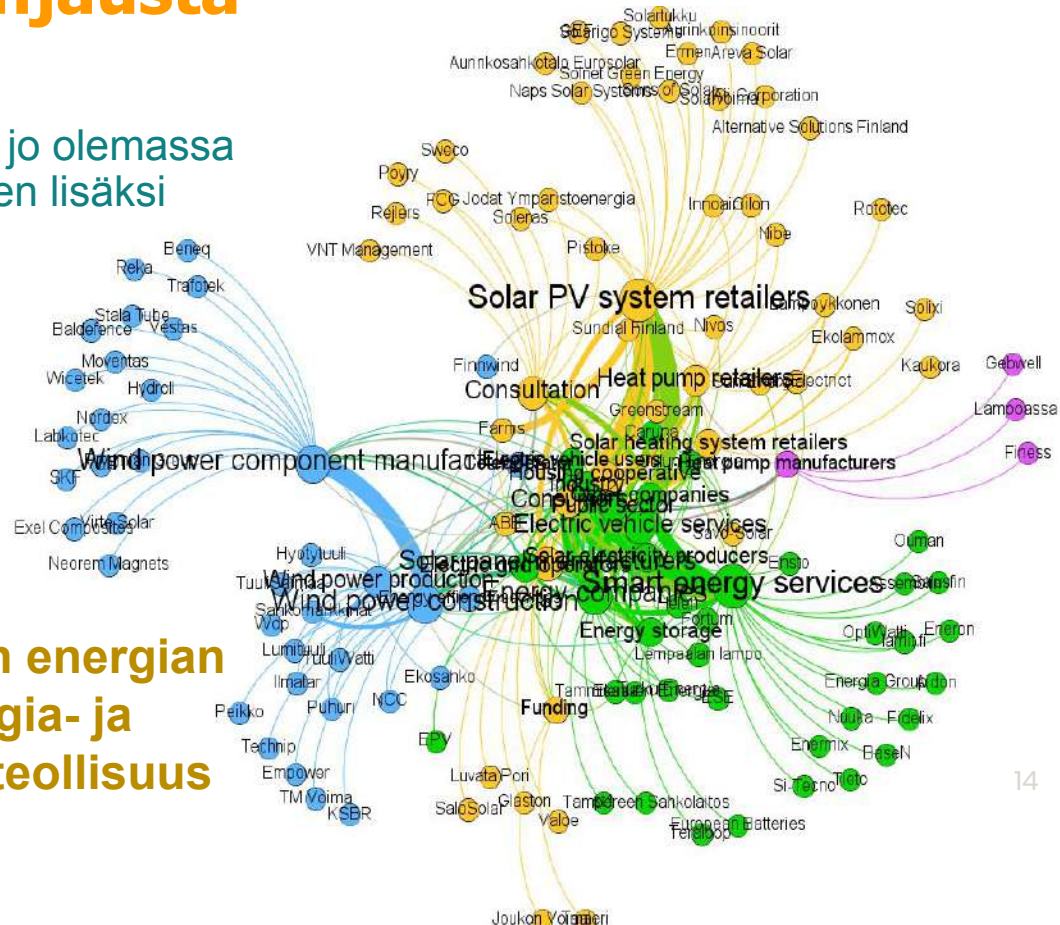
Siirtymän esteet:

- 1. Hintaohjaus ei toimi** - uusi tekniikka on jo olemassa
2. Polkuriippuvuus - tarvitaan kannusteiden lisäksi myös nykyjärjestelmää horjuttavia toimia



Fossiilinen energiateollisuus

Puhtaan energian teknologia- ja palveluteollisuus



Maakunnan tason toimet energiasektorin päästöjen vähentämiseksi - ehdotuksia:

- Alueellinen hukkalämmön potentiaalikartoitus -> hukka- ja geolämpökartta
- Alueellinen hiilineutraali energiaskenaario ja visio esim. EnergyPlan-mallilla
 - tuulivoiman ym. puhtaan energiantuotannon kaavoitus omalle alueelle
 - **muun sähkön hankinta omistusten ja PPA-sopimusten kautta - huom. sähköntuotannon ei tarvitse sijaita omalla alueella**
 - lämmöntuotanto paikallisesti
 - kaukolämmön ja kiinteistökohtaisen lämmön yhteiselon mahdollistavien mallien kehittäminen
 - kiinteistönomistajien, yritysten, kaukolämpöyhtiöiden ja kuntien toimien koordinointi
 - kulutusjouston edistäminen ja tarpeellisten energiavarastojen rakentaminen
- Liikenteen sähköistäminen ja yksityisautoilun vähentäminen
 - miten vähennetään alueellista pendelöintiä maakunnan alueella?

Kuinka paljon polttamista voidaan korvata Pirkanmaalla teollisilla ja kiinteistökohtaisilla lämpöpumpuilla?

Taulukko: Kaukolämmön tuotannossa käytetyt polttoaineet ja energialähteet vuonna 2018 (GWh). Huom. taulukossa on mukana vain Energiateollisuus ry (2019) jäsenyritykset ja taulukossa ei ole mukana vuoden 2019-2020 aikaisia muutoksia.

	Turve	Kivihiili	Öljy	Maakaasu	Biomassa	Biokaasu	Jäte	Lämpöpumput
Pirkanmaa	806		103	1061	1273		505	369
Suomi	8905	12561	941	8821	17527	92	4124	2155

Hukka- ja geolämmön alueellinen potentiaali?

Suomen maankamaran ylimmän 300 metrin energiapotentiaali on noin 300 0 terawattituntia. Tämä on noin tuhatkertaisesti Suomen vuotuisen energiantuotannon verran.

Suomen maankamarassa piilee 1000 vuoden tuotantoa vastaava puhtaan energian varasto - GTK:n tutkijat käyttivät ensimmäisinä maailmassa tekoälyä maalämpöpotentiaalin arvioimiseen



Yandexin datakeskuksen hukkalämpö lämmittää Mäntsälää – kaukolämpö- asiakkaiden lasku pieneni merkittävästi



Palvelinkeskus tuottaa lämpöä 1400 saunakiukaan verran. (KUVA: Heikki Saukkomaa)

Julkaistu: 13.11.2018 20:08

**Venäläisen hakukoneyhtiö Yandexin datakeskuksen hukkalämpöä
käytetään Mäntsälän lämmittämiseen.**

Mäntsälässä näytetään mallia hukkalämmön hyödyntämisessä

© 22.8.2017



Mäntsälässä toimiva Yandex Oy:n datakeskus on hyvä esimerkki, miten hyvällä yhteistyöllä ja suomalaista osaamista hyödyntäen saadaan parhaimmillaan koko kunnan kaukolämpö tuotettua tietokoneiden hukkalämmöstä.

Kaukolämmön lähteet:
hukkalämpö noin 85% ja
maakaasu noin 15%

Lähde: Calefa Oy

Olemassa olevissa rakennuksissa tulee tehdä kattavia energiaremontteja

- Kiinteistönomistajien investointien edistäminen - välittömästi erityisesti öljylämmityksen tilalle lämpöpumppuratkaisuja, hukkalämmön talteenottoa, älykkäiden ohjauslaitteistojen käyttöä huoneistojen tarpeettoman lämmityksen vähentämiseksi sekä tarvittaessa **eristystason parannuksia**, kuten katon lisäeristystä sekä ikkunoiden ja ovien vaihtoa



Yhteistyö teollisuuden ja yritysten tuotantoprosessien ja liiketoiminnan muuttamiseksi vähäpäästöiseksi

- ▶ energian ja materiaalien käytön tehostaminen
- ▶ vähäpäästöisen energian käyttöönotto
- ▶ vähäpäästöiset tuotantoprosessit
- ▶ sähköllä tai biokaasulla toimivat työkonet ja kuljetusajoneuvot

SSAB
🔒
🌐
🔍



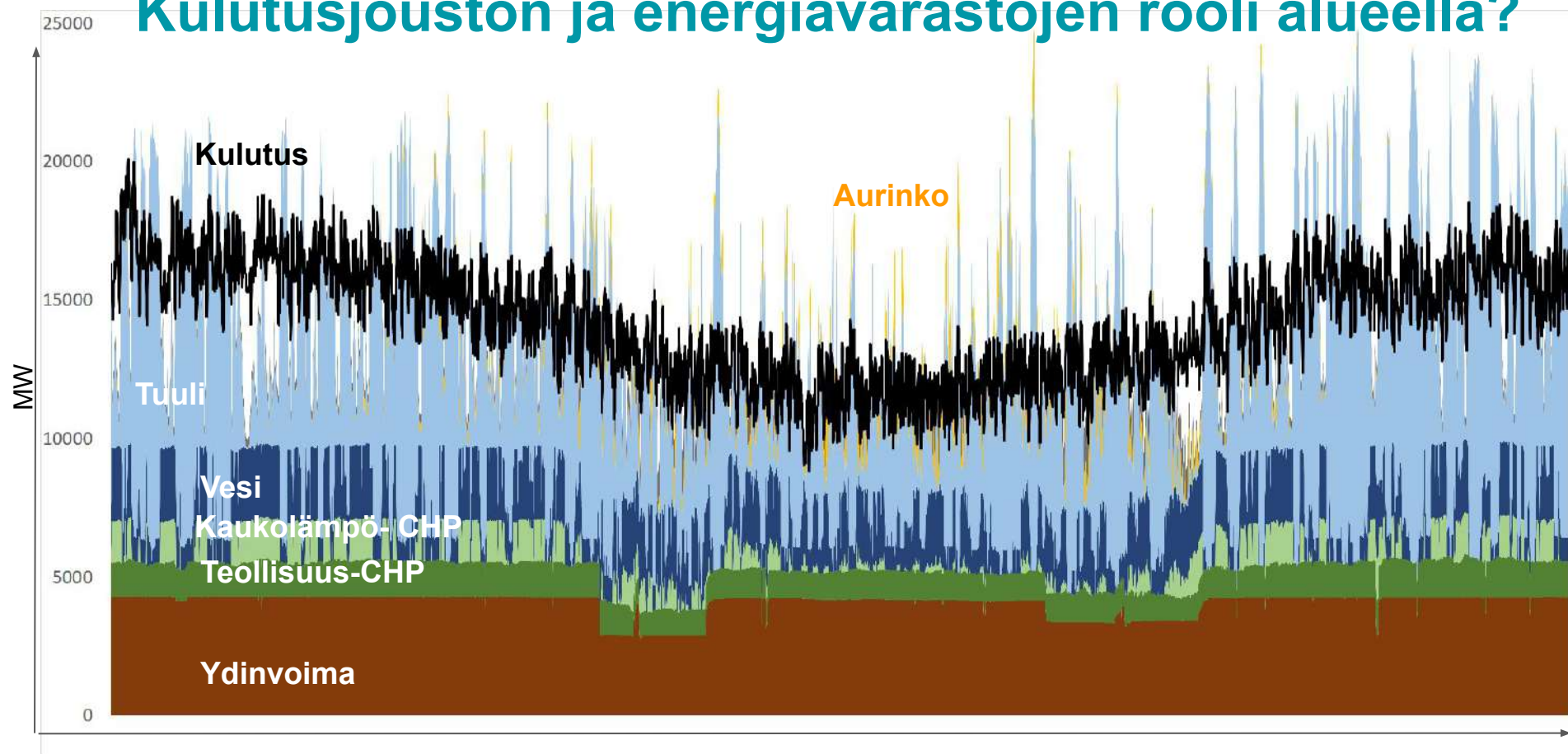
HYBRIT - Toward fossil-free steel

SSAB, LKAB ja Vattenfall yhdistivät voimansa ja käynnistivät vuonna 2016 tavoitteena on mullistaa teräksenvalmistus. Hankkeessa rautamalmipohj. teräksenvalmistuksessa perinteisesti käytetty kooksi on tarkoitus korvata ainutlaatuinen: maailman ensimmäinen fossiilivapaa teräksenvalmistus on käytännössä olematon.

Esimerkiksi teräksen valmistuksessa hiilikooksi voidaan korvata vähäpäästöisellä sähköllä ja vedyllä.

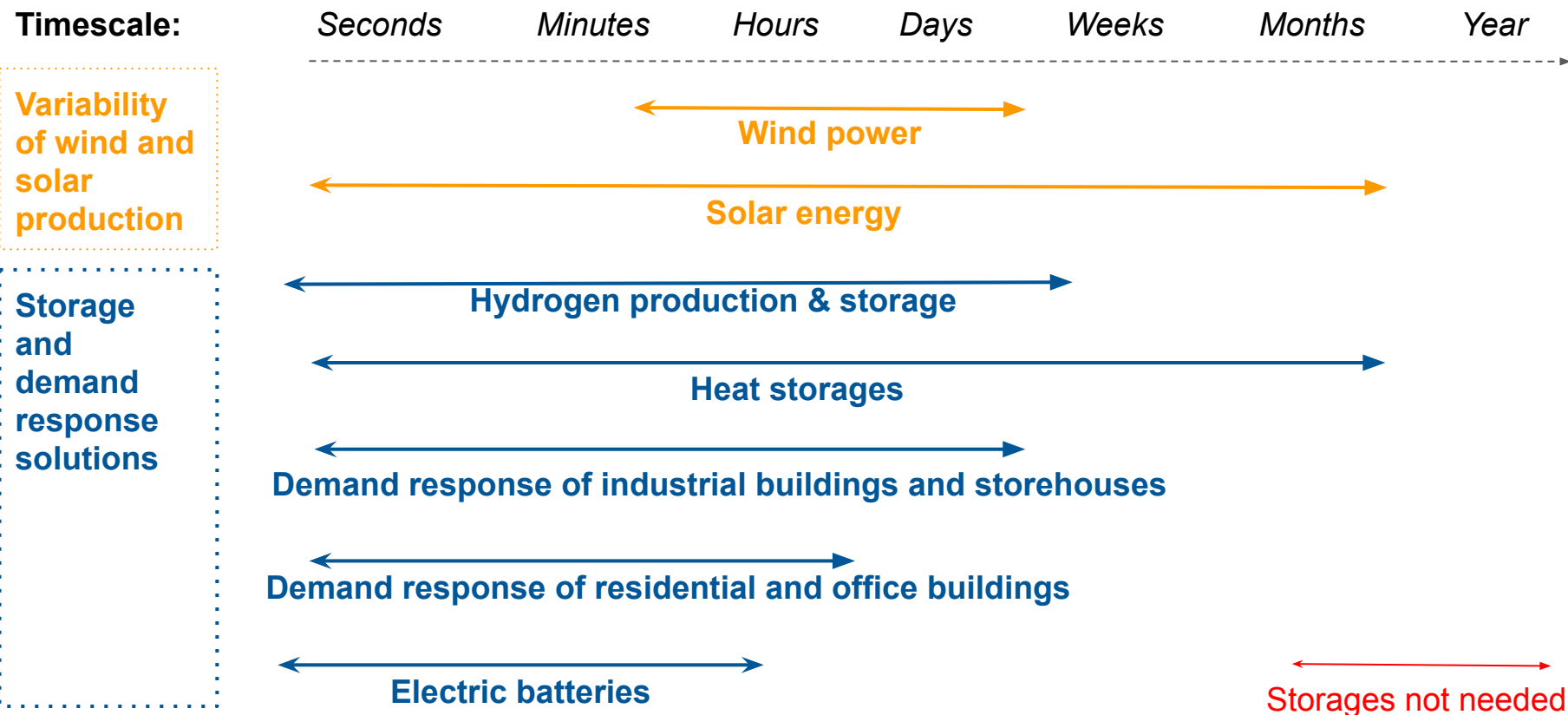
20

Kulutusjouston ja energiavarastojen rooli alueella?



Energiajärjestelmässä tuotannon ja tehon tulee vastata kulutukseen hetkittäin

Flexibility solutions for the variable wind and solar energy



Kerrostalojen lämmityksen perusteet ovat väärät - "Ulkolämpötila selittää vain osan siitä, mitä sisällä tapahtuu"



Lämpöakun putket. Kerrostaloa voidaan käyttää lyhytaikaisena lämpöakuna, jos huoneiston sisäiset olosuhteet ovat selvillä.

“Taloja optimoimalla voidaan optimoida koko kaukolämpöverkko. Taloa voidaan käyttää lyhytaikaisena lämpöakuna. Eli taloon voi varata lämpöä ja purkaa sitä tehopiikin aikana.”

<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/kerrostalojen-lammituksen-perusteet-ovat-vaarat-ulkolampotila-selittaa-vain-osan-siita-mita-sisalla-tapahtuu-6741929>

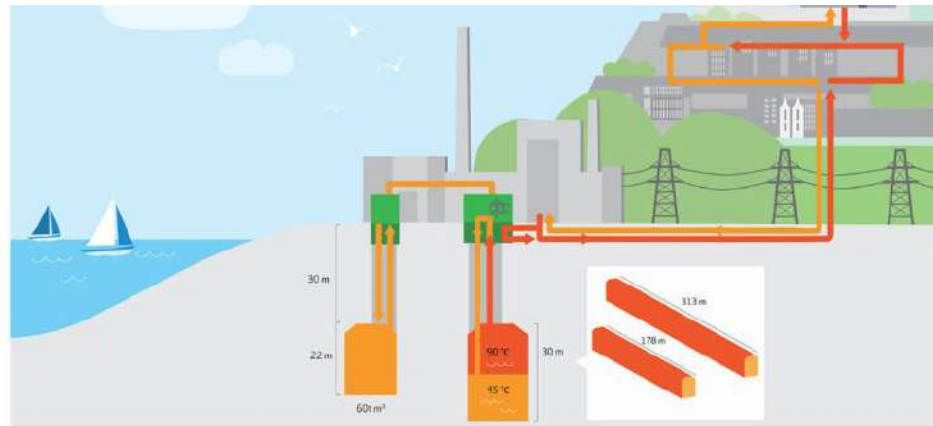
Mustikkamaan luolalämpövaraston rakentaminen vauhdissa

Teksti: [Marina Galkin-Aalto](#) 🐦 Kuvat: Katri Tamminen 30.09.2019

Mustikkamaan luolan uumenissa, syvällä maan alla käy kuhina. Suomen suurimman luolalämpövaraston rakentaminen etenee vauhdikkaasti. Lämpövarasto on yksi monista Helenin ratkaisusta matkalla kohti hiilineutraalia energiantuotantoa.



Tälle paikalle rakennetaan pumppaamo, jonka yhteyteen asennetaan laitoksen sydän eli lämmönsiirtimet. Varsinainen lämpövarastoluola on pumppaamon alla. Luolan pohja on 80 metriä merenpinnan alapuolella.



Massiivinen maanalainen energiavarasto Vaasan Vaskiluotoon

20.09.2019 [AJANKOHTAISTA](#)

Ensi vuonna Vaasassa otetaan käyttöön lämpöenergian varastointiratkaisu, joka valmistuessaan on Suomen suurin. EPV Energian ja Vaasan Sähkön investointi Vaskiluodon voimalaitoksen alla olevaan luolastoon mahdollistaa yli 30 prosentin laskun kivihiilen käytössä sekä siirtymisen uusiutuvien ja hiilineutraalien energialähteiden käyttöön kaukolämmön tuotannossa.

- ▼ ▼ **Kriittisiä toimia fossiilisten polttoaineiden päästöjen vähentämiseksi: energiankäytön tehostaminen, vähäpäästöisen energian merkittävä lisäys sekä lämmityksen, liikenteen ja teollisuusprosessien puhdas sähköistäminen**
- ▼ ▼ **Maankäyttösektorilla kriittisiä päästövähennystoimia: turvemaapeltojen ja -metsien päästöjen hallinta sekä metsäkadon estäminen**

Pois polttamisesta - energian älykäs ja puhdas sähköistäminen on merkittävä keino saavuttaa hiilineutraali Suomi



Hiilineutraali-webinaarisarja

Maan parhaat **#päästövähentäjät** koolla

Tiistaisin kello 15 - 16

Tule rakentamaan hiilineutraalia Suomea!

Katso tiedot:

<https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliwebinaari>

**Vastauksia ilmaston-
muutoksen hillinnän
polttaviin
kysymyksiin**

Kaikille
avoin
webinaari
- tule kuulolle!

hiilineutraalisuomi.fi

hiilineutraalisuomi.fi

CANEMURE

hiilineutraalisuomi.fi

HINKU



Kiitos! Kysymyksiä?



Karoliina Auvinen

karoliina.auvinen@ymparisto.fi

+358 29 5252140



@karoliinauvinen

Kuntien toimet:

- Kaukolämpöyhtiöiden omistajaohjaus.
- Lämpökaivojen porausalueiden, tuulivoimapuistojen ja aurinkoenergian mahdollistava kaavoitus ja luvitus.
- Investoinnit oman rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseksi ja uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi.



Kaukolämpöyhtiöiden toimet:

- Puhtaan energian investointi- ja hankintasuunnitelma, jonka tavoitteena on hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä ja lähtökohtana polttamisen minimointi.
- Sopimus- ja hinnoittelumallien uudistaminen siten, että ne kannustavat asiakkaita rakennuskannassa lämmön ja sähkön kulutusjoustoon sekä energiatehokkuuden ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen.
 - Esimerkiksi kaukolämmön tuntihinnoittelu (eur/kWh/h) ja vesivirtamaksun kuukausihinnoittelu (eur/huippu-kW/kk) siten, että energian hinta on mahdollisimman suuri suhteessa tehomaksun osuuteen.
- Kaukolämpöverkon älykkyyden parantaminen siten, että automaatio mahdollistaa hajautetun tuotannon, verkkojen kaksisuuntaisuuden, lämpövarastojen hyödyntämisen kaukolämpöverkossa ja rakennuskannassa, kulutusjoustot sekä lämpötilojen & tuotannon hallinnan.

Poliitikkojen toimet:

- ▶ Päästökaupan kiristys ja kansallinen lattiahinta
- ▶ Teollisuuden energiaverojen palautuksista ja päästökauppakompensaatiosta luopuminen
- ▶ Turpeen verotuen poistaminen
- ▶ Sähköveron alentaminen ensisijaisesti kaukolämpöverkoissa
 - ▶ Lämpöpumppujen sähkövero on nykyisin 22,5 eur/MWh, kun bion vero on 0 eur/MWh ja turpeen 3 eur/MWh -> polttaminen on kannattavampaa
- ▶ Puolustusvoimien tutkahaasteen ratkaiseminen
- ▶ Vetyjalosteiden, energian varastoinnin ym. uusien energiaratkaisujen T&K-tuet