

Bioenergiapäivä 24.10.2022

LUT-yliopiston energiaselonteko

Tapio Ranta
Professori, Bioenergia
LUT Yliopisto
LUT School of Energy Systems



KOHTI HIILI- NEUTRAALIA SUOMEA

LUT-yliopiston
energiaselonteko 5/2022

TEKSTIT:

Timo Hyppänen (toim.),
Jero Ahola, Eeva-Lotta Apajalahti,
Jouni Havukainen, Samuli Honkapuro,
Mika Hörttnäinen, Juhani Hyvärinen,
Juha Kaikko, Hannu Karjunen,
Pertti Kauranen, Petteri Laaksonen,
Jukka Lassila, Olli Pyrhönen, Tapio Ranta,
Jouni Ritvanen, Risto Soukka,
Teemu Turunen-Saaresti, Tero Tynjälä
ja Esa Vakkilainen.

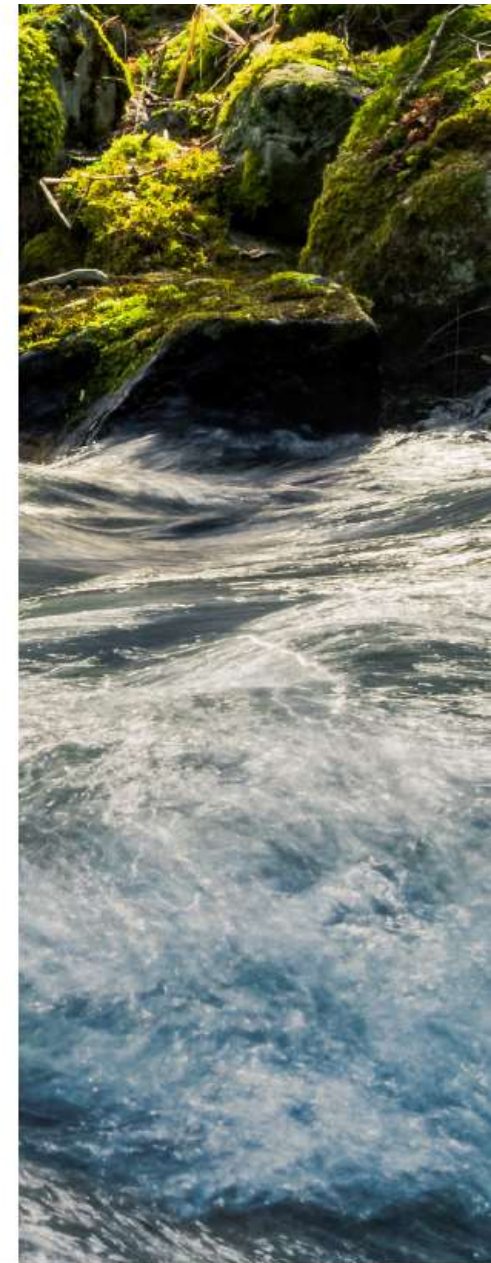
LISÄTIETOJA:

media@lut.fi
etunimi.sukunimi@lut.fi
lut.fi/energiaselonteko

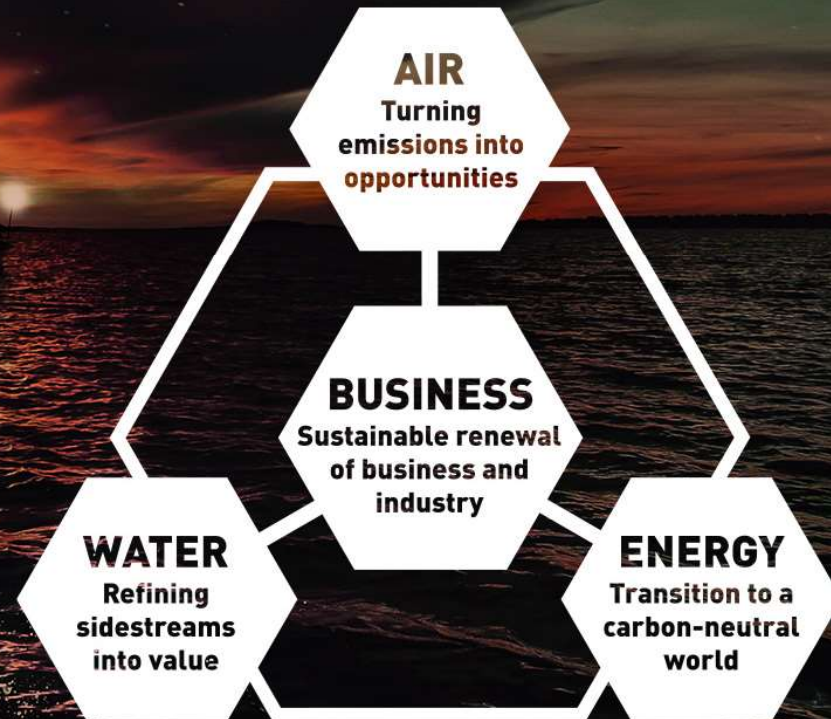
Raportit ja selvitykset – Reports,
ISSN-L 2243-3384, ISSN 2243-3384
Järjestysnumero sarjassa: 117

Painettu julkaisu:
ISBN 978-952-335-829-4

Sähköinen julkaisu:
ISBN 978-952-335-830-0 (PDF)



SYSTEM EARTH



LUT LUKUINA

1969 perustettu 1969 – alusta asti
tekniikka ja talous yhdessä

6300 perus- ja jatkotutkinto
-opiskelijaa

1 027 tieteellistä julkaisua (2021)

400 tohtorikoulutettavaa

101 M€ rahoitus 101 M€: opetus- ja kulttuuriministeriö 54,5 M€
täydentävä rahoitus 46,5 M€ (2020)

1 089 henkilökunnan jäsentä (2021)

94 eri kansallisuutta kampuksilla

1/3 uusista opiskelijoista ulkomaisia

Raportin tavoite

- Raportti pyrkii kuvaamaan erilaisia energiateknologioita sekä niiden käyttömahdollisuuksia ja haasteita osana Suomen tulevia energiaratkaisuja.
- Raportin laatimiseen on osallistunut laaja joukko LUT-yliopiston energiajärjestelmien tiedekunnan asiantuntijoita.
- Raportin tavoitteena ei ole ohjata teknologiaratkaisuja tiettyyn suuntaan vaan kertoa tosiasioita erilaisista ratkaisuista.
- Tässä selonteossa ei ole käsitelty Ukrainan sodan konkreettisia vaikutuksia Suomen energiajärjestelmään vaan on pitäydytty meneillään olevassa energiajärjestelmän murroksessa ja teknisissä vaihtoehtoissa, joilla pyritään saavuttamaan Suomen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteet.
- Selonteossa ei ole käsitelty maankäyttöä. Selvityksessä ei ole myöskään esitetty varsinaisia energiajärjestelmän tulevaisuusskenaarioita.

Energiajärjestelmän tavoitteet

- » Energiajärjestelmä on ollut kautta historian jatkuvassa kehityksessä. Viime aikoina ilmastomuutoksen hillitseminen on nostanut **hiilineutraaliuden** suurimmaksi yksittäiseksi tavoitteeksi energiajärjestelmän kehittämisessä, mikä vaikuttaa suuresti tämänhetkiseen päätöksentekoon.
- » Hiilineutraaliuden lisäksi muutoksessa on otettava huomioon kaksi muutakin erityisen tärkeää ja jatkuvaa yhteiskunnallista tavoitetta, jotka ovat energiajärjestelmän **huolto- ja toimitusvarmuus sekä kustannustehokkuus**.
- » Tulevaisuuden energiajärjestelmään vaikuttavat monet odotukset ja rinnakkaiset kehityssuunnat. Sellaisia ovat esimerkiksi uusien energialähteiden tulo markkinoille ja niiden integrointi järjestelmään, sähköistymisen eteneminen, energiateknologioiden kehitys ja kustannustehokkuuden muutokset, energiavarastoinnin merkityksen kasvu, hiilidioksidin talteenoton kehitys sekä vetytaloutta koskevat suunnitelmat.

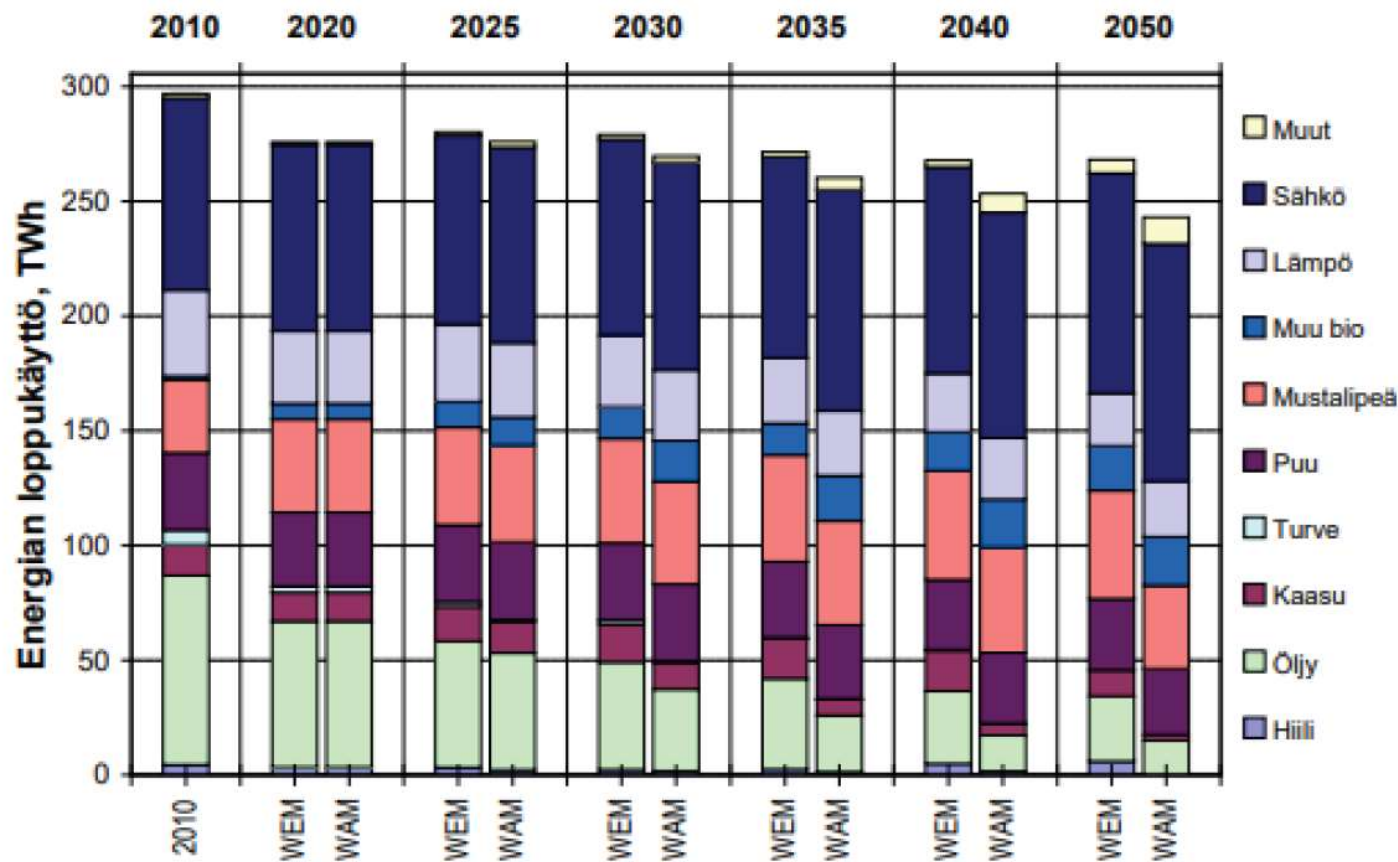
Energiajärjestelmän näkemysten taustaa

- » Energiamurrokseen liittyviä näkemyksiä ja skenaarioita on eri tasoilla esitetty suuri määrä (IPCC-skenaariot > 2500 kpl).
- » Selonteon taustaksi on poimittu julkisen vallan tuottamia näkemyksiä.
 - IPCC:n tuore raportti ilmastonmuutoksen hillinnästä
 - EU:n vihreän kasvun tavoitteet
 - Pohjoismaisen ministerineuvoston energiatutkimuksen NER:in arviot
 - Suomen ilmasto- ja energiastrategian näkemyksiä energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasujen päästöjen kehityksestä (HIISI-hanke => hiilineutraali Suomi 2035)
- » Merkittävin ajava voima: tavoitteena lämpenemisen rajoittaminen 1,5 asteeseen.
 - Edelleen mahdollinen, ei toteudu nykyisillä kansallisten ohjelmien toimenpiteillä
 - Edellyttää globaalilla tasolla nopeita ja merkittäviä tiukennuksia ohjelmiin.

Energiajärjestelmän kehitysnäkymä

- » Suomen ilmasto- ja energiastrategian keskeisenä sisältönä ja tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjen määrää ja siirtyä kohti hiilineutraaliutta.
- » Suomen energiankulutuksen ennustetaan laskevan, mutta EU kiristää tavoitetta (REPowerEU: loppukäyttö 239 TWh 2030 vrt. 288 TWh 2020). Turpeen on oletettu poistuvan energiantuotannosta nopeasti ja hiilenkin vuoteen 2030 mennessä. Öljyn käytön odotetaan vähenevän kolmannekseen vuoteen 2050 mennessä, **mutta maakaasun käytössä ei tapahdu isoja muutoksia (Venäjän vaikutus?)**
- » Suomi on ollut perinteisesti vahvoilla uusiutuvan energian käytössä, koska puupohjaisten polttoaineiden osuus on ollut suuri. Puun energiakäytön odotetaan kasvan edelleen maltillisesti, mutta sen suhteellinen osuus pienenee.
- » Suomen energiajärjestelmän kehittämisen keskeisimmät kysymykset liittyvät tällä hetkellä vaihtelevaan uusiutuvaan energiaan, erityisesti tuulivoimaan.

Energian loppukäyttö skenaarioittain (WEM ja WAM-skenaario)

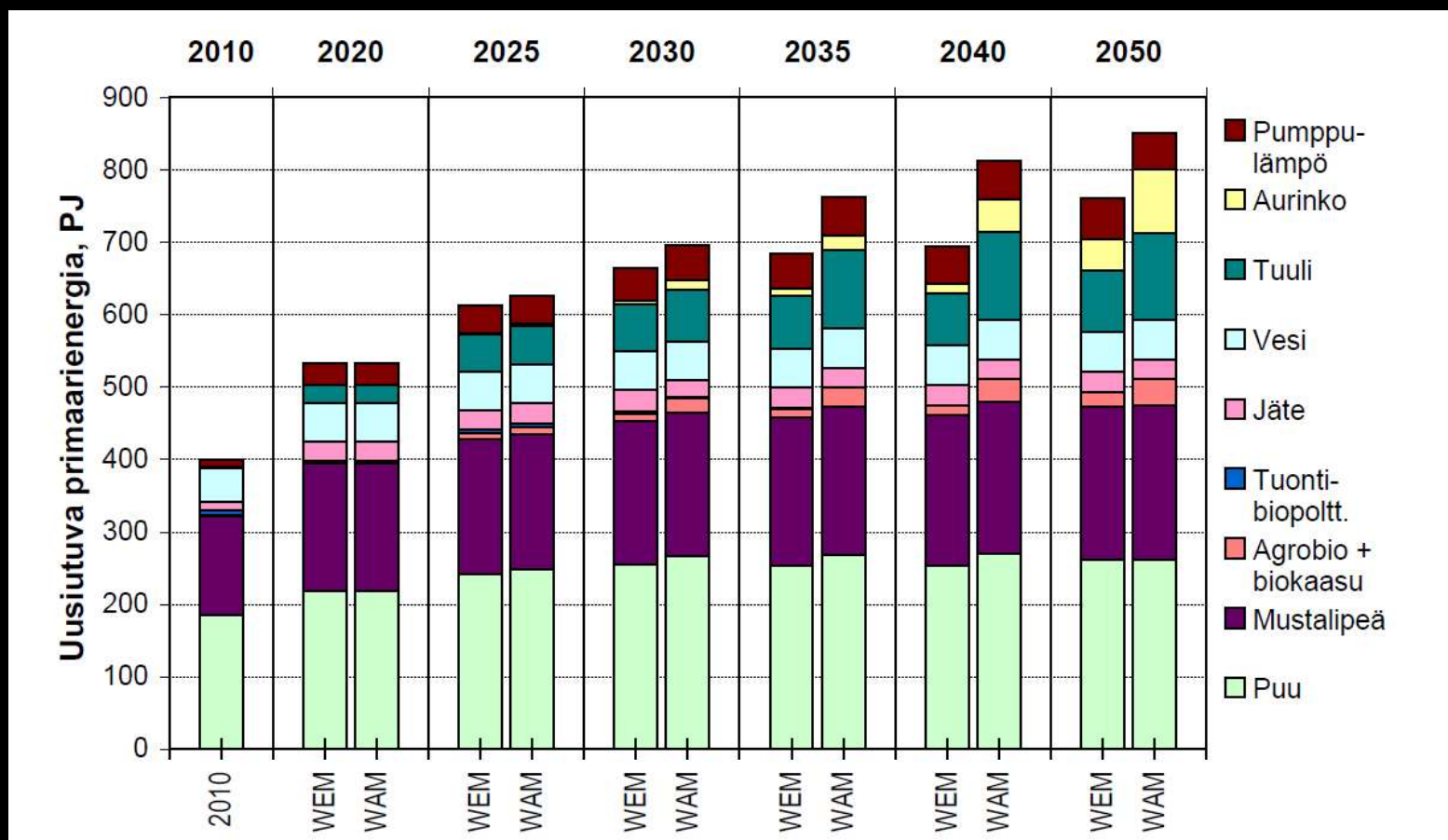


REPowerEU
edellyttää
alhaisempaa
energian
loppukäyttöä

Kaasun rooli
Venäjän
putkikaasun
poistumisen
myötä?

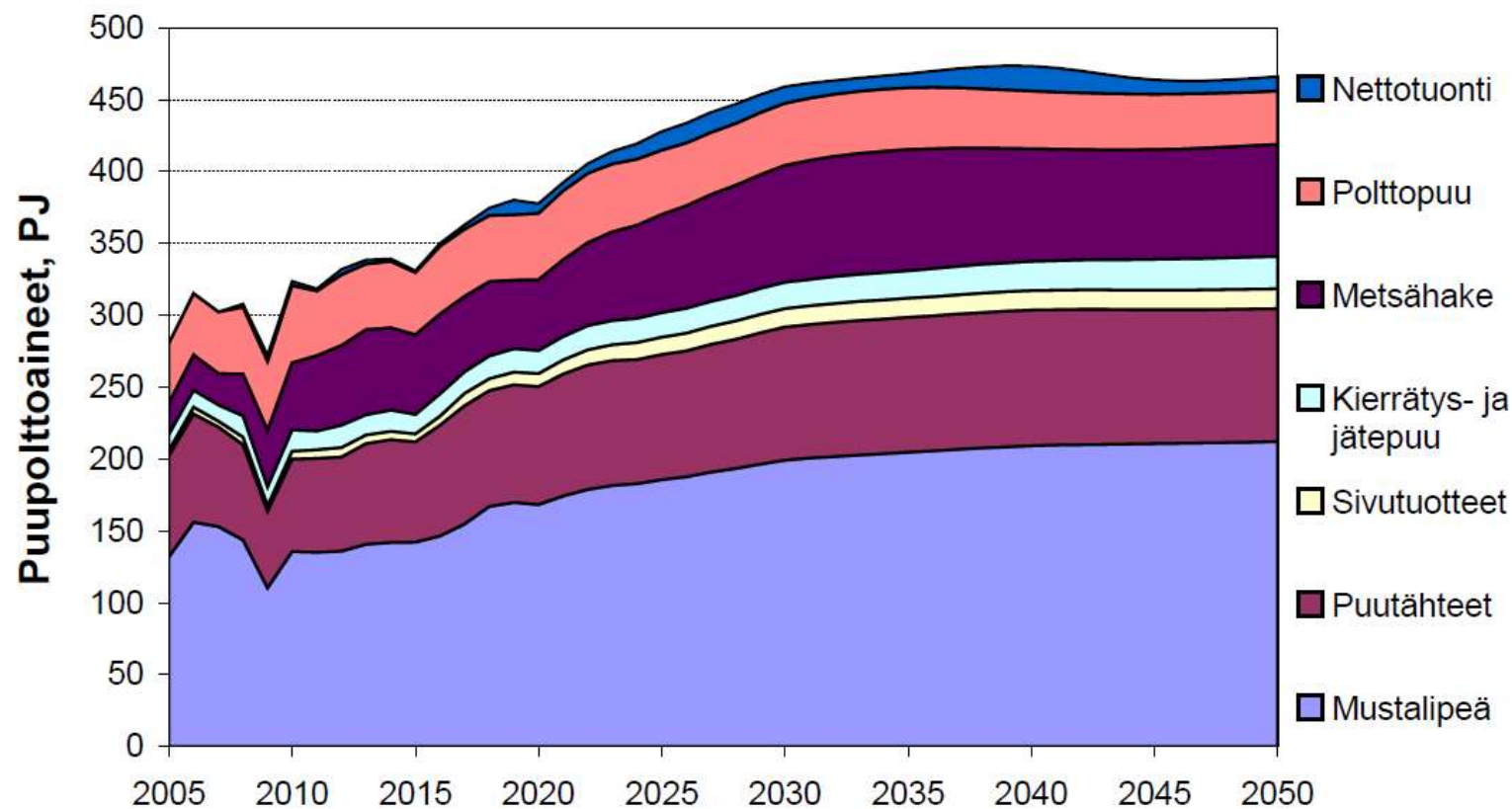
Hiilineutraali Suomi
2035 (HIISI) –hanke
TIMES-VTT-
mallinnus, 2021

Uusiutuvan primaarienergian hyödyntämisen kehitys (WEM ja WAM-skenaario)



Hiilineutraali Suomi
2035 (HIISI) –hanke
TIMES-VTT-
mallinnus, 2021

Puupolttoaineiden ja metsäteollisuuden sivuvirtojen energiakäytön kehitys (WAM-skenaario)

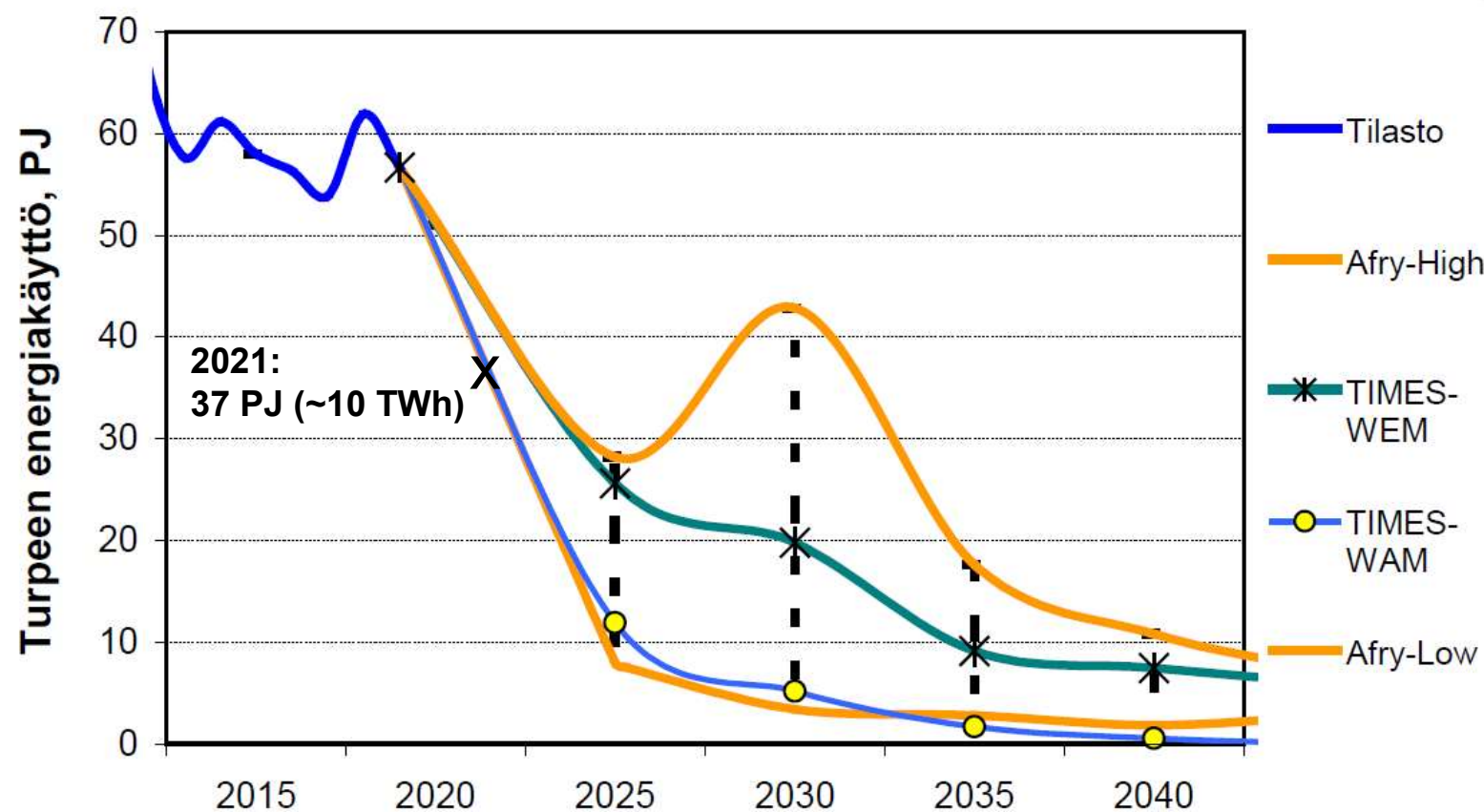


Hiilineutraali Suomi
2035 (HIISI) –hanke
TIMES-VTT-
mallinnus, 2021

Hiisi-hankkeen oletuksia puuenergialle

- » Vaikka puuenergian kysyntä kasvaa sekä WEM- että WAM-skenaariossa hieman, joitakin kymmeniä prosentteja, vuoteen 2030 mennessä, kasvusta suuri osa syntyy suoraan metsäteollisuuden tuotannon ja raaka-ainepuun kasvun myötä sivutuotevirtoina.
 - RED II-päivitys voi vaikuttaa metsähakkeen käytön kasvuun
- » Vuonna 2030 metsähakkeen käyttö kasvaa lämpö- ja voimalaitoksissa WEM-tulosten mukaan tasolle, 21 TWh ja WAM-skenaariossa tasolle 23 TWh, vrt. nykyinen käyttö n. 20 TWh vuonna 2021.
 - HIISI-hankkeen tavoite maltillisempi, kuin vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian tavoite, 25 TWh 2030 ja 29 TWh 2035, käytön on mahdollista asettua hieman HIISI-mallinnusta korkeammalle tasolle, maksimissaan n. 25 TWh tasolle

Turpeen energiakäytön kehitys WEM- ja WAM-skenaarioissa



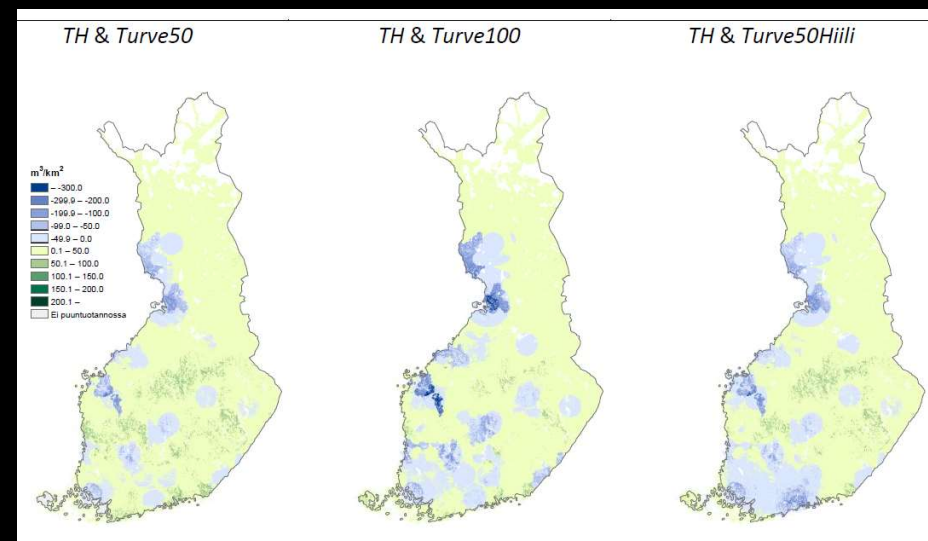
Hiilineutraali Suomi
2035 (HIISI) –hanke
TIMES-VTT-
mallinnus, 2021

Hiisi-hankkeen oletuksia turve-energialle

- » Turpeen käytön supistuminen on etenkin vuoteen 2025 mennessä hyvin nopeaa, jolloin se putoaa WEM-skenaariossakin alle puoleen 2010-luvun keskimääräisestä tasosta. WAM-skenaariossa muun muassa oletetut päästöoikeuden hinnat ja verojen korotukset johtavat vielä nopeampaan turpeen käytöstä luopumiseen. Vrt. vuosien 2018-2020 keskimääräinen käyttö 15 TWh.
- » Vuoden 2030 jälkeen turpeen energiakäyttö laskee WAM-skenaariossa jo alle 1 TWh:n, eli tasolle, jolla käyttö on viimeksi ollut 1970-luvulla. Tällöin turpeen energia-käyttö on laskentamallin mukaan rajoittunut enää vähäisiin määriin biopolttoaineiden tukipolttoaineena.
- Afryn arvio teknisestä minimistä n. 2 TWh ja teknistaloudellinen minimi n. 1 TWh 2030 jälkeen. Turpeen käyttö pienissä päästökaupan ulkopuolisissa laitoksissa ja tukipolttoaineena johtanee n. 2 TWh käyttötasoon.

Turpeen korvaaminen metsähakkeella

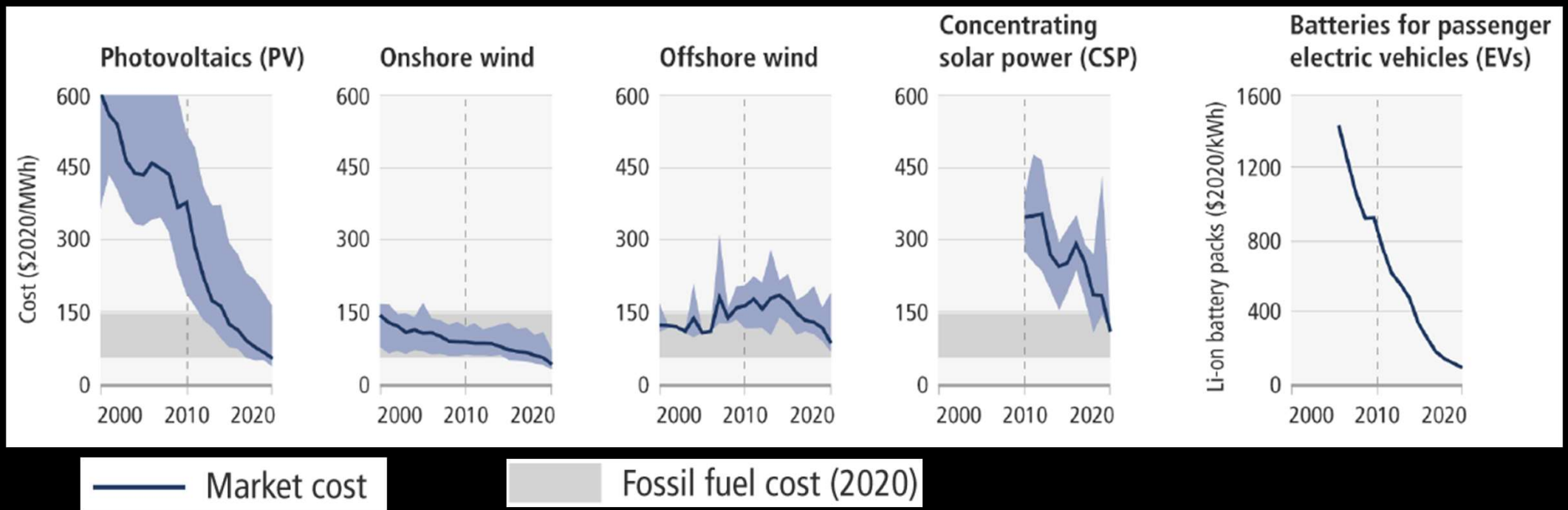
- » Metsähakkeen kansallinen käyttämätön potentiaali riittäisi korvaaman kokonaan turpeen (käyttö 10 TWh 2021), mutta LUKE:n metsähaketaseiden perusteella alueellisesti potentiaali ei riitä, ja luultavammin korvaustaso on noin 50 %, koska metsähakkeella korvataan myös hiiltä ja kaasua energiatuotannossa
- » Turpeen 50 % korvaaminen nostaisi metsähakkeen käytön n. 25 TWh:iin, mikä ylittäisi WAM-skenaarion arvion ja olisi alkuperäisen NREAP 2020 tasolla
- » Metsähakkeen käytön lisääminen tästä riippuu RED II päivitysten linjauksista (pienpuun lisäkäyttö) sekä hakkuiden kehittymisestä (päätehakkuut)



Sähköntuotannon kustannuksista

- » Investointien toteutuminen/suuntautuminen vs. järjestelmän kokonaisoptimi?
 - Vaikuttamassa mm. markkinaehtoinen kehitys, tuet, lainsäädäntö, erilliset kansalliset järjestelmät (infra, huoltovarmuus, tehoreservijärjestelmä, kapasiteettimaksut ym.)
- » 1. Yksittäisten tuotantomuotojen kustannusten taso
- » 2. Toimivan järjestelmän ylläpidon edellyttämien ns. järjestelmäkustannusten taso
- » Osittain kustannustasot keskenään vuorovaikutuksessa
 - Esim. vaihtelevan uusiutuvan energian osuuden kasvaminen aiheuttaa lisää järjestelmäkustannuksia energiantuotannon ja -kulutuksen tasapainottamiseksi ja siten energian toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi.

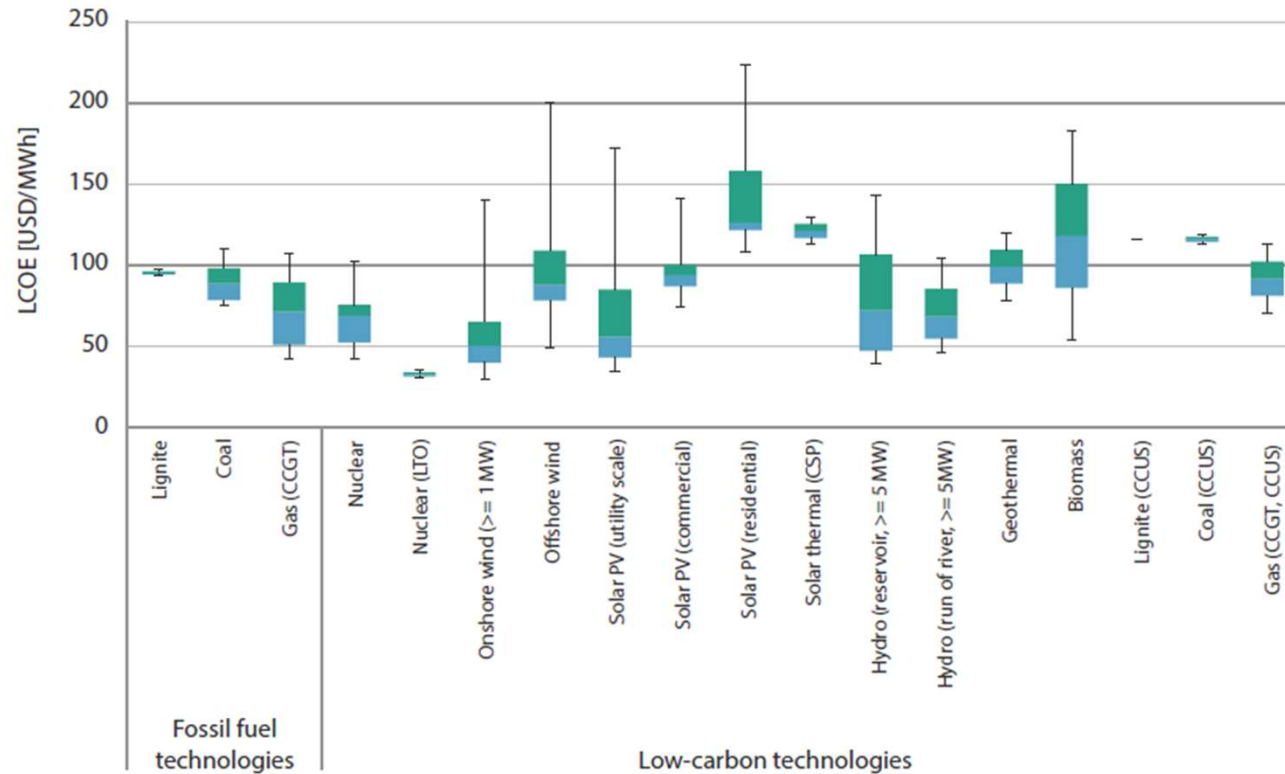
Laskevat uusiutuvan energian kustannukset



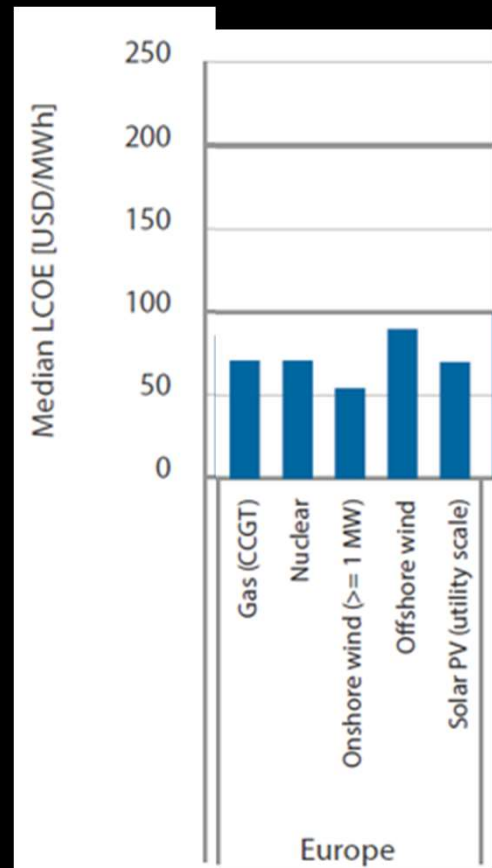
Kuva : Uusiutuvan energian laskevia yksikkökustannuksia (IPCC 2022).

Tuotantomuotojen kustannukset

Figure ES1: LCOE by technology

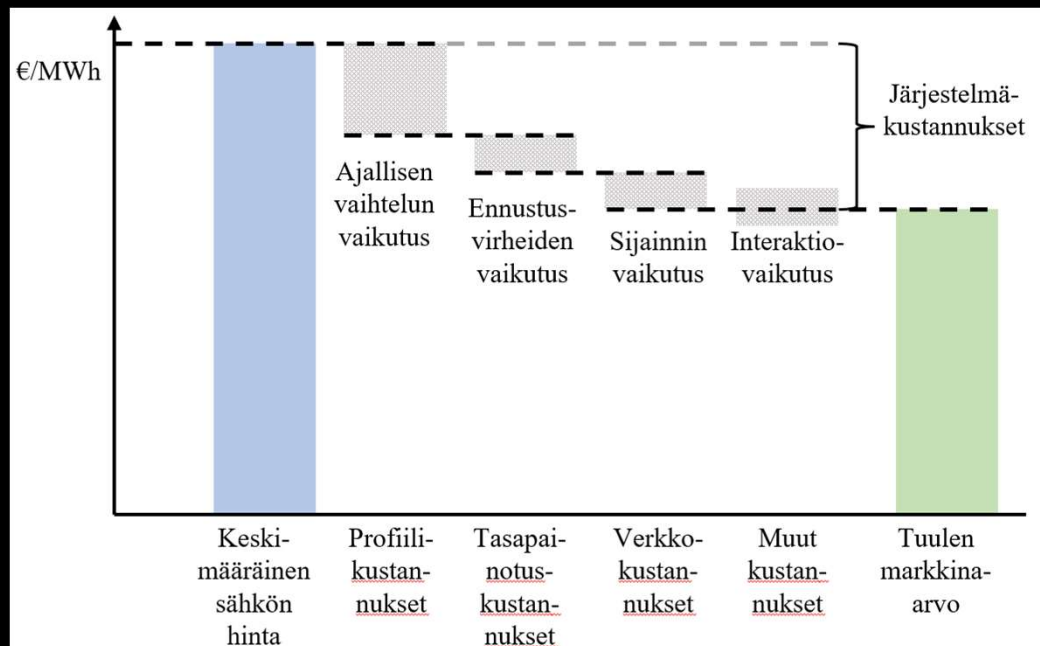


Note: Values at 7% discount rate. Box plots indicate maximum, median and minimum values. The boxes indicate the central 50% of values, i.e. the second and the third quartile.



Kuva: Eri tuotantomuotojen LCOE-kustannukset 24 eri maasta ja eurooppalaisten tuotantomuotojen LCOE-kustannusten mediaani (IEA 2020).

Järjestelmäkustannukset



Kuva : Järjestelmäkustannusten (Integration costs) jakautuminen kolmeen kategoriaan: profiilikustannukset, tasapainotuskustannukset ja verkkokustannukset (mukaillen Hirth ym. 2015).

- Järjestelmäkustannukset kasvavat merkittävästi vaihtelevan uusiutuvan energian osuuden kasvaessa
- Profiilikustannukset (profile costs)
 - Aiheutuvat tuotannon ajallisesta vaihtelusta. Tuotannon ja kulutuksen tasoittamisen kustannukset
 - Vaihtelevan tuotannon markkina-arvon ja keskimääräisen sähkön hinnan eroista.
- Tasapainotuskustannukset (balancing costs)
 - Aiheutuvat ennustetun ja todellisen tuotannon eroista.
 - Sähköjärjestelmän stabiiliuden ylläpitämisen lisääntyneistä vaatimuksista.
- Verkkokustannukset (grid costs)
 - Liittyvät tuotantolaitosten sijaintiin sähkönsiirtoon ja -jakeluun nähden.
 - Kustannukset sähköverkon kehittämisestä ja pitkillä etäisyyksillä siirtohäviöistä.
- Järjestelmäkustannusten arviointi epäyhtenäistä - kehitysvaiheessa

Yhteenveto energiajärjestelmästä

- Sähköistyminen on keskeinen muutostrendi kaikilla sektoreilla, mikä johtaa sähkönkulutuksen kasvamiseen, polttoaineiden ja lämmön käytön laskemiseen ja lopulta koko energian loppukäytön tehostumiseen, jolloin energian kokonaiskulutus laskee.
- Sähkönkäytön tulevaisuus riippuu teollisuuden tarpeista, ja mahdollisista vedyn tuotannon määristä jolloin kulutustarpeissa on suurta vaihtelua, WEM 100 TWh ja WAM 120 TWh 2050 mennessä (vrt. 86 TWh 2021).
- Tuulivoiman vuosituotanto moninkertaistuu politiikkaskenaariossa nykyisestä määrästä ja on 23 TWh vuonna 2030 ja 30 TWh vuonna 2035 (vrt. 8 TWh 2021). Aurinkovoiman vastaavat luvut ovat 2,4 TWh ja 3,4 TWh (vrt. 0,3 TWh 2021).
- Suomen hiilineutraali sähköntuotanto, vahva sähkönkantaverkko ja **suuri bioenergian osuus** ovat keskeisiä edellytyksiä, kun tuotetaan hiilineutraalia vetyä ja siitä johdettuja hiilivetyjä.

Pohdintaa bioenergian tulevaisuuden näkymistä

- » Vuonna 2020 bioenergian osuus uusiutuvasta energiasta oli n. 80 prosenttia, mutta sen suhteellinen osuus uusiutuvasta energiasta pienenee, kun tuuli- ja aurinkoenergian osuus kasvaa. (kaukolämpö 37 % ja sähkö 16 % 2021), Vuonna 2035 bioenergian osuuden arvioidaan olevan n. 60 prosenttia.
- » Bioenergia säilyttää merkittävän asemansa kaukolämmön polttoaineena, koska polttoon perustamattomat ratkaisut eivät korvaa sitä vielä vuosikymmeniin
- » Puupohjaisen energian tuotannon tulevaisuuteen liittyy epävarmuuksia, ja se on kytköksissä ainespuun hakkuiden kehitykseen sekä EU:n linjauksiin metsäenergian kestävydestä (REDIII)
- » Erityisesti hiilivetyjen laajat markkinat tarjoavat mahdollisuuksia, kun fossiilisiin raaka-aineisiin perustuvaa tuotantoa korvataan kestävillä ratkaisuilla. Bioperäinen hiili tarjoaa yhdessä hiilineutraalin vedyn kanssa merkittäviä mahdollisuuksia kestävään hiilivetyjen tuotantoon.



KIITOS!

Tapio Ranta
Professori, Bioenergia
LUT Yliopisto
LUT School of Energy Systems
040 8644994
tapio.ranta@lut.fi

Energiaselonteko:
<https://www.lut.fi/sites/default/files/media/documents/LUT-yliopiston-Energiaselonteko-2022.pdf>