



UUSIUTUVAN ENERGIAN VAIKUTTAVUUSARVIOINTI 2010–2023

Elina Leinonen, Suvi Monni & Emma Liljeström, SITOWISE OY

SITOWISE

SISÄLLYSLUETTELO

1. Poliittikatoimien vaikuttavuus	3
2. Arvioinnin laajuus	4
2.1. Metsähake	5
2.2. Tuulivoima ja aurinkovoima	8
2.3. Biokaasu	10
2.4. Liikenteen uusiutuvat nestemäiset polttoaineet	13
2.5. Biopolttoöljy sekä öljy- ja kaasulämmityksestä luopuminen	16
3. Päästövähennysten kohdentuminen	22
3.1. Päästövähennykset energialajeittain	23
3.2. Päästövähennysten kohdentuminen päästökauppa- ja taakanjakosektoreille	24
4. Valtiolla kohdistuvat kustannukset	25
5. Lähtötiedot	27



1. POLITIIKKATOIMIEN VAIKUTTAVUUS

Uusiutuvan energian politiikkatoimenpiteiden vaikutuksia seurataan vuosittain. Työssä käytetään vuonna 2012 kehitettyä ja vuosien aikana päivitettyä IMPAKTI-työkalua. Työkalun viimeisin, laajempi kehitystyö toteutettiin vuosien 2021–2023 aikana. Työn on rahoittanut Energiavirasto.

Uusiutuvan energian politiikkatoimia arvioitaessa tarkastellaan uusiutuvien energiamuotojen käytön muutoksia, arvioidaan käytön muutosten vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin sekä vaikutuksia julkiseen talouteen, eli valtiolle kohdistuvia kustannuksia. Valtiolle kohdistuvat kustannukset sisältävät maksetut tuet, arvioidut verotulojen menetykset sekä syöttötariffimaksut. Lainoja ja niistä mahdollisesti aiheutuvia tukivaikutuksia ei ole työssä tarkasteltu.

Politiikkatoimien vaikuttavuutta uusiutuvan energian käytön lisäämiseen on tarkasteltu vuosilta 2010–2023.



2. ARVIOINNIN LAAJUUS

Vuosittain toteutettavassa arvioinnissa tarkastellaan valtiolle kohdistuvia kustannuksia sekä uusiutuvien energialähteiden edistämisen päästövähennysvaikutuksia.

Tarkastelussa ovat mukana:

- Metsähake
- Tuulivoima
- Aurinkovoima
- Biokaasu sähkön ja lämmön tuotannossa
- Biokaasu liikennekäytössä
- Liikenteen uusiutuvat nestemäiset polttoaineet
- Biopolttoöljy lämmityksessä
- Biopolttoöljy muussa käytössä
- Öljy- ja kaasulämmityksestä luopuminen.



2.1. METSÄHAKE

Metsähakkeen käyttöä on tarkasteltu maataloilla sekä lämpö- ja voimalaitoksissa. Lämpö- ja voimalaitosten metsähakkeen energiakäyttöä on lisäksi tarkasteltu puupolttoaineittain.

Tarkastellut puupolttoaineet ovat:

- Pienpuu
- Hakkuutähteet
- Kannot ja juurakot
- Järeä runkopuu

Lisäksi on tarkasteltu metsähakkeen käytöllä saavutettua päästövähennemää, kun hakkeen käytön lämpö- ja voimalaitoksissa on oletettu korvaavan pääosin turvetta mutta osittain myös muita polttoaineita. Hakkeen käytön maataloilla on oletettu korvaavan kevyen polttoöljyn käyttöä.

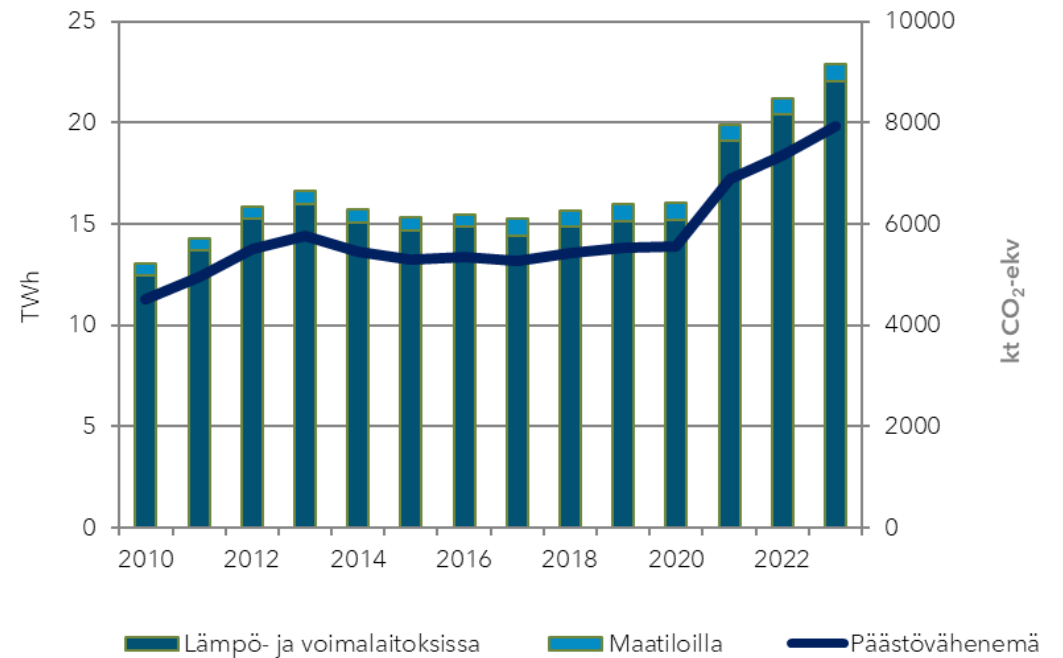


2.1.1 METSÄHAKKEEN KÄYTTÖ JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Metsähakkeen käyttöä lämpö- ja voimalaitoksissa sekä maataloilla on tarkasteltu vuosina 2010–2023. Vuonna 2023 metsähaketta käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 22,0 TWh ja maataloilla 0,8 TWh.

Metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa kasvoi 8 prosenttia vuodesta 2022 vuoteen 2023.

Metsähakkeen käytöllä saavutettu päästövähennys vuonna 2023 oli 7923 kt CO₂-ekv, kun vastaava lukema vuonna 2022 oli 7348 kt CO₂-ekv.



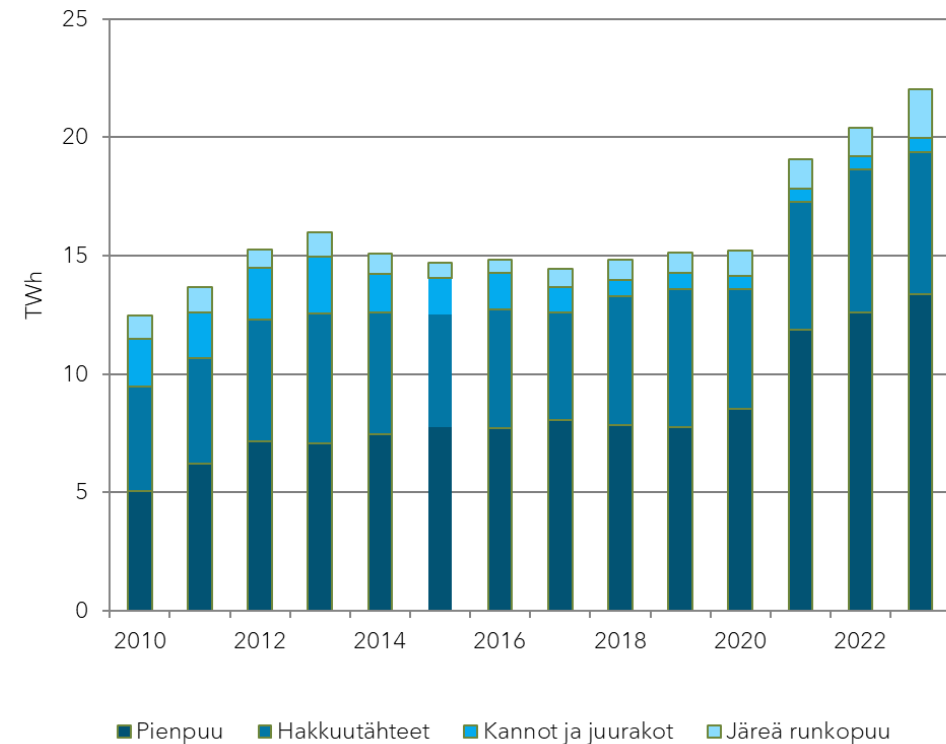
Kuva 1. Metsähakkeen käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa sekä maataloilla ja päästövähennemät vuosina 2010–2023.

2.1.2 METSÄHAKKEEN KÄYTTÖ LÄMPÖ- JA VOIMALAITOKSISSA

Järeän runkopuun energiakäyttö lämpö- ja voimalaitoksissa kasvoi lähes 80 prosenttia vuodesta 2022 (1,2 TWh) vuoteen 2023 (2,1 TWh).

Kantojen ja juurakoiden energiakäyttö pysyi lähes samalla tasolla kuin edellisenä vuonna (2022: 0,6 TWh, 2023: 0,6 TWh).

Hakkuutähteen käyttö laski prosentin ja pienpuun käyttö kasvoi 6 prosenttia vuodesta 2022 vuoteen 2023.



Kuva 2. Järeän runkopuun, kantojen ja juurakoiden, hakkuutähteen ja pienpuun käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa vuosina 2010-2023.



2.2. TUULIVOIMA JA AURINKOVOIMA

Vaikuttavuusarvioinnissa on tarkasteltu viime vuosina yleistyneiden tuulivoiman ja aurinkovoiman tuotantomäärien kehitystä.

Tuulivoiman ja aurinkovoiman päästövähennysvaikutusta on arvioitu olettaen, että tuuli- ja aurinkovoimalla korvataan pääasiassa Suomen keskimääräistä lauhdetuotantoa fossiilisilla polttoaineilla ja turpeella.

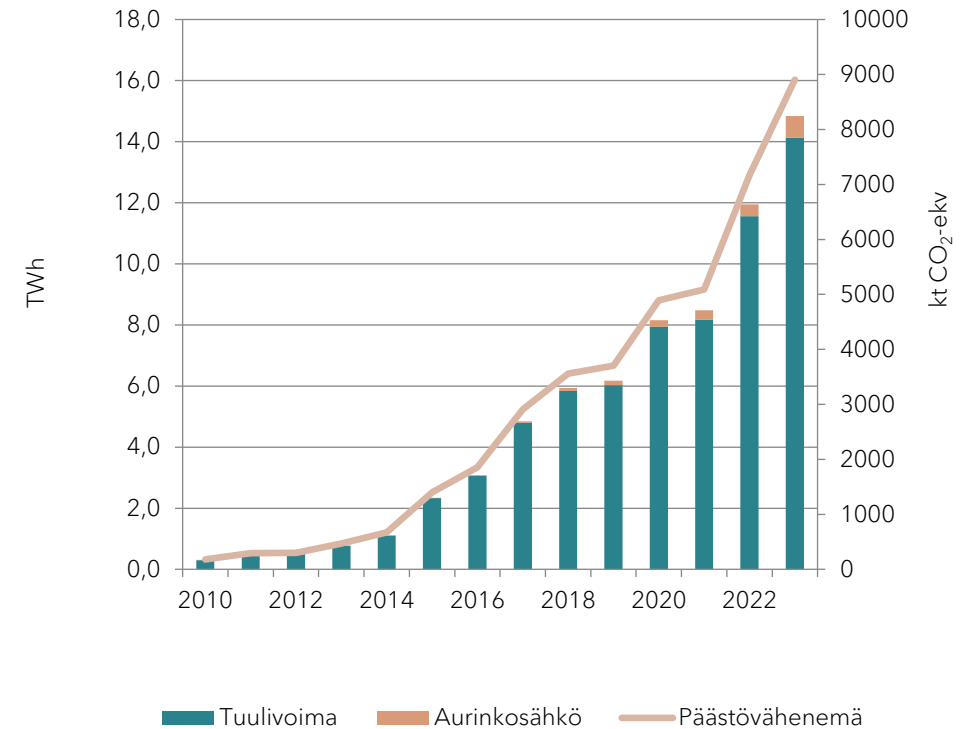
2.2.1 TUULI- JA AURINKOSÄHKÖN TUOTANTO JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Tuulisähkön tuotantomäärä vuonna 2023 oli 14,1 TWh ja aurinkosähkön tuotantomäärä 0,7 GWh.

Tuulisähkön tuotanto kasvoi 22 prosenttia vuodesta 2022 vuoteen 2023. Tuotannon kasvu vuodesta 2021 vuoteen 2022 oli 41 prosenttia.

Aurinkosähkön tuotanto kasvoi 83 prosenttia vuodesta 2022 vuoteen 2023. Tuotannon kasvu vuodesta 2021 vuoteen 2022 oli 32 prosenttia. Tuotanto on kasvanut nopeasti viime vuosina, sillä vuonna 2015 aurinkosähköä tuotettiin vain 10 GWh ja vuonna 2020 tuotanto oli hieman yli 200 GWh.

Vuonna 2023 tuuli- ja aurinkosähkön käytöllä saavutettu päästövähennys oli 8905 kt CO₂-ekv. Vastaava lukema oli 7171 kt CO₂-ekv vuonna 2022.



Kuva 3. Tuulivoiman ja aurinkosähkön tuotanto sekä päästövähennys vuosina 2010-2023.

2.3. BIOKAASU

Biokaasun käyttöä on tarkasteltu sähkön ja lämmön tuotannossa sekä liikenteessä.

Päästövähennysvaikutukset on esitetty kaikelle biokaasun käytölle yhteensä.

Päästövähennysvaikutus energiayksikköä kohden on arvioitu Energiaviraston tietoihin perustuen.

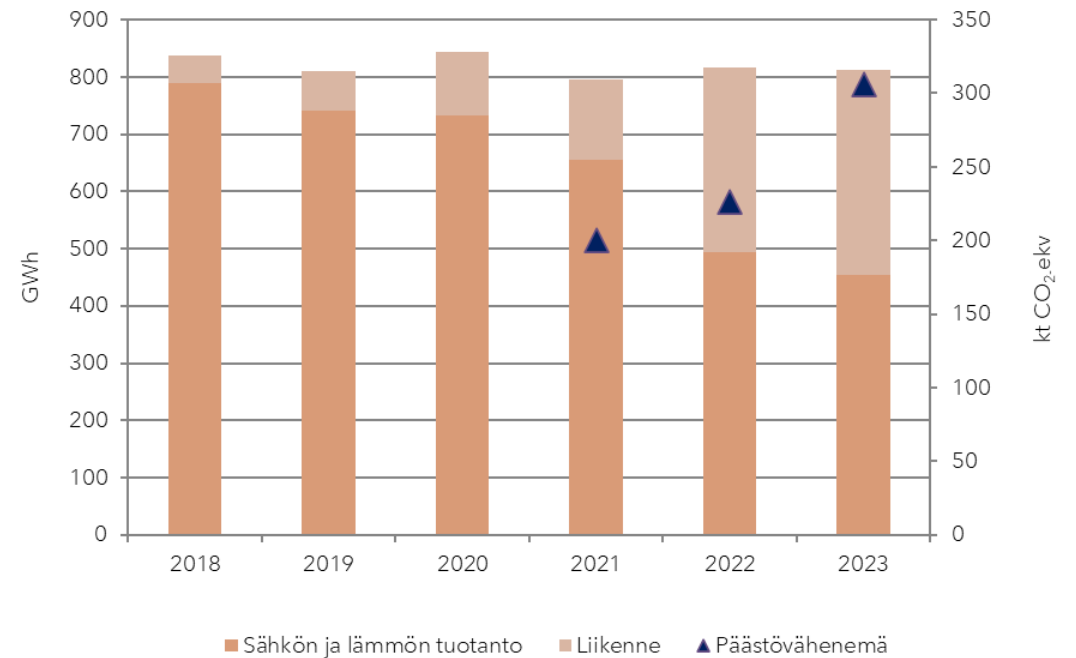


2.3.1 BIOKAASUN KULUTUS JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Biokaasua käytettiin vuonna 2023 sähkön ja lämmön tuotannossa yhteensä 454 GWh ja ennakkotiedon perusteella liikennekäytössä 358 GWh.

Biokaasun kulutuksella saavutettuja päästövähennyksiä on tarkasteltu vuodesta 2021 alkaen. Vuonna 2023 saavutettu päästövähennys oli 306 kt CO₂-ekv. Arvioitu päästövähennys oli 36 prosenttia suurempi kuin vuonna 2022, jolloin saavutetun päästövähennyksen arvioitiin olleen 226 kt CO₂-ekv.

Arviot päästövähennyksestä perustuvat Energiavirastosta saatuihin tietoihin.



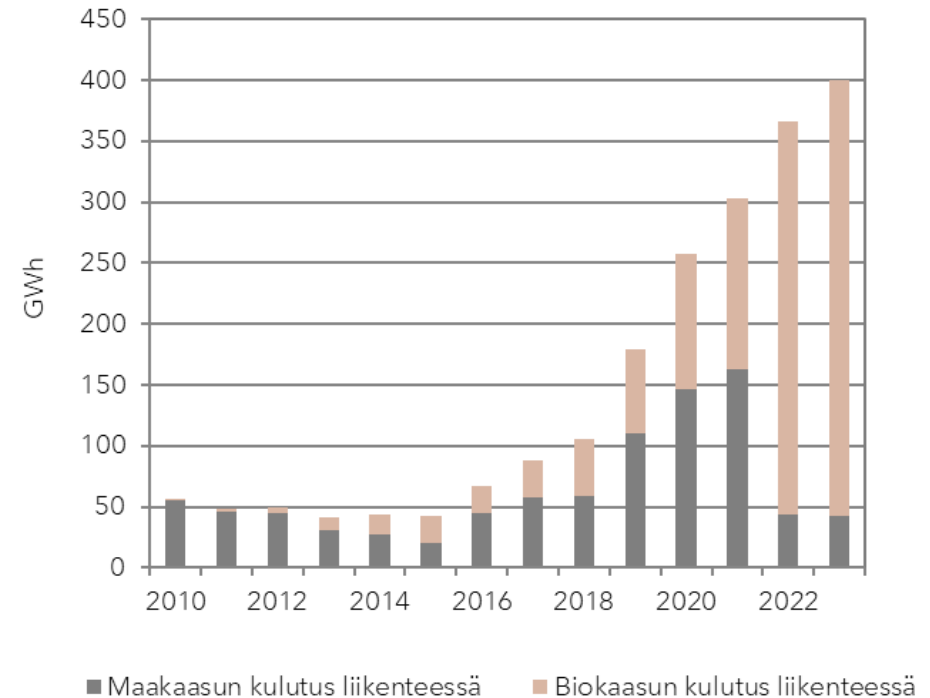
Kuva 4. Biokaasun käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa ja liikenteessä vuosina 2018–2023 sekä saavutetut päästövähennykset vuosina 2021–2023.

2.3.2 BIO- JA MAAKAASUN KULUTUS LIIKENTEESSÄ

Biokaasun liikennekäyttö vuonna 2023 oli Tilastokeskuksen ennakkotiedon perusteella 358 GWh ja maakaasun 42 GWh.

Biokaasun liikennekäyttö kasvoi 11 prosenttia vuodesta 2022 vuoteen 2023.

Maakaasun liikennekäyttö väheni 5 prosenttia vuoteen 2022 verrattuna.



Kuva 5. Biokaasun ja maakaasun liikennekäyttö vuosina 2010–2023.



2.4. LIIKENTEEN UUSIUTUVAT NESTEMÄISET POLTTOAINEET

Liikenteen uusiutuvat nestemäiset polttoaineet korvaavat fossiilista bensiiniä ja dieseliä.

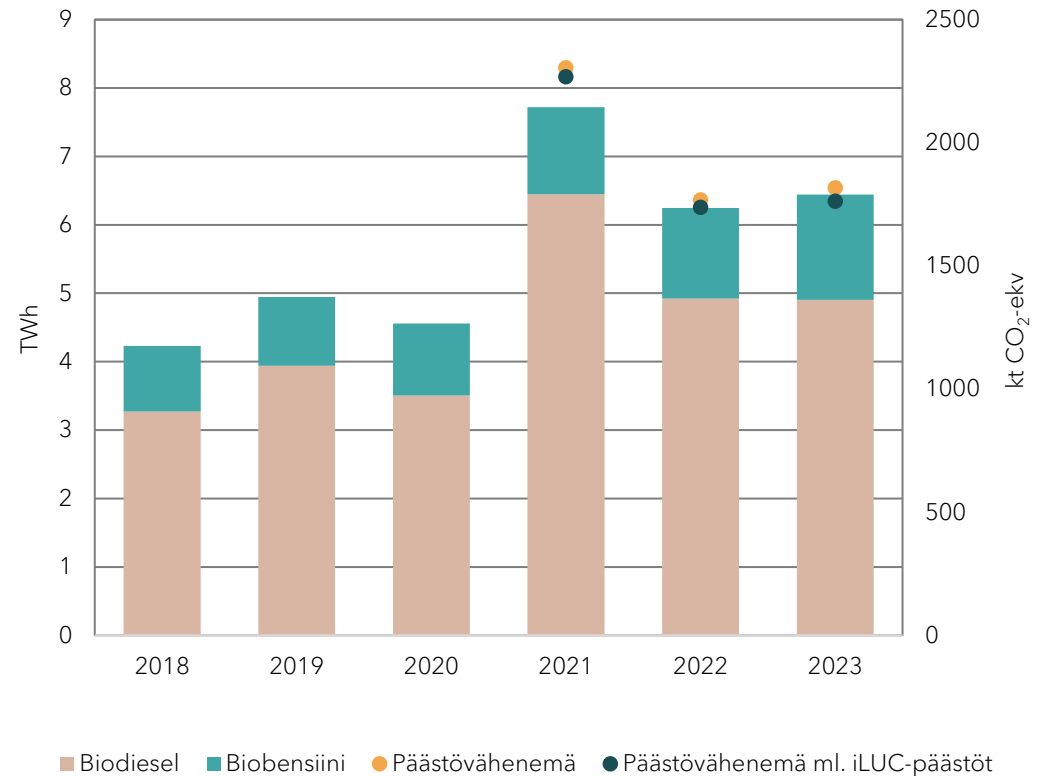
Uusiutuvien nestemäistä polttoaineiden käytöllä saavutettavia päästövähennyksiä on tarkasteltu vuotta 2021 koskevasta laskennasta lähtien hyödyntäen Energiaviraston tietoja.

2.4.1 TIELIIKENTEEN UUSIUTUVIEN NESTEMÄISTEN POLTTOAINEIDEN KULUTUS JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Vuonna 2023 tieliikenteen uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden käyttö oli Tilastokeskuksen mukaan 6,4 TWh. Energiaviraston tiedoista laskettu tieliikenteen nestemäisten polttoaineiden käytöllä saavutettu päästövähennys oli 1816 kt CO₂-ekv.

Tieliikenteen uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden iLUC-päästöt vuonna 2023 olivat 53,5 kt CO₂-ekv, joten saavutettu päästövähennys yhteensä oli 1763 kt CO₂-ekv vuonna 2023.

iLUC-päästöt tarkoittavat biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden tuotantoon liittyvästä epäsuorasta maankäytön muutoksesta (*indirect land use change*) johtuvia päästöjä. iLUC-päästöt voi syntyä, kun aiemmin ravinto- ja rehu kasvien tuotantoon käytettyä laidun- tai maatalousmaata aletaan käyttää polttoaineiden tuotantoon biomassasta.

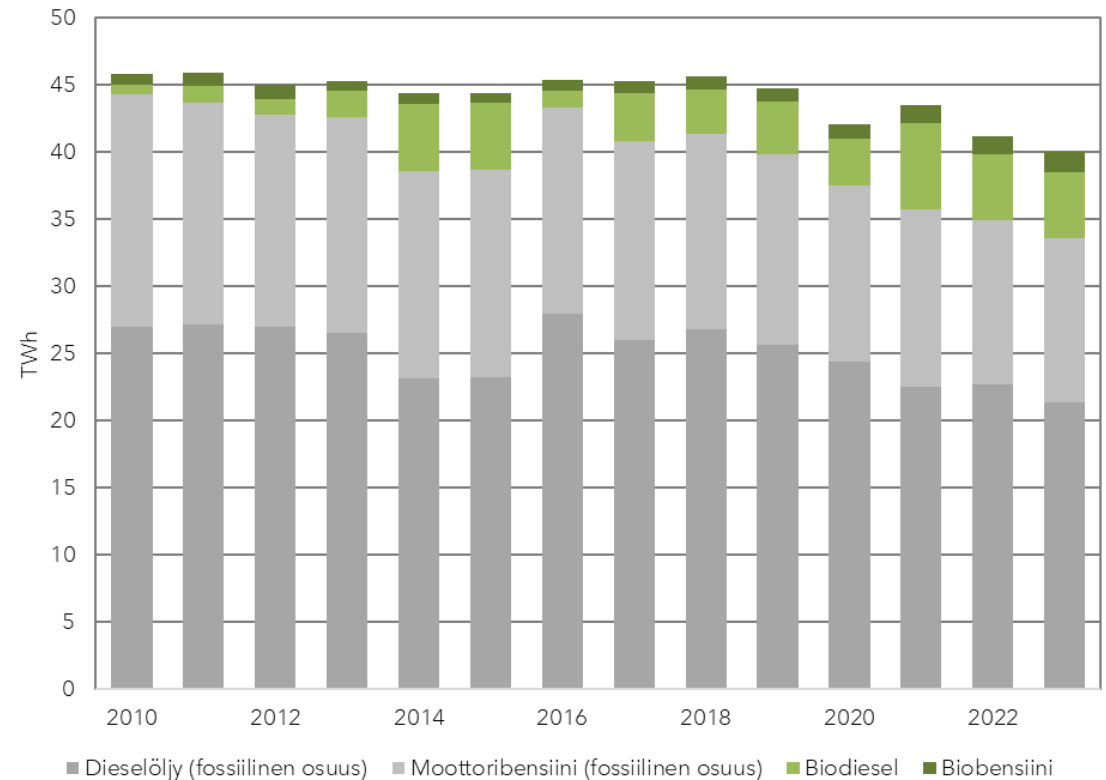


Kuva 6. Tieliikenteen uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden käyttö vuosina 2018–2023 sekä päästövähennys ml. iLUC-päästöt vuosina 2021–2023.

2.4.2 NESTEMÄISTEN POLTTOAINEIDEN KULUTUS TIELIIKENTEESSÄ

Tieliikenteen nestemäisten polttoaineiden käyttö oli 40,1 TWh vuonna 2023. Käyttö laski 3 prosenttia vuodesta 2022.

Biopolttoaineiden osuus kulutuksesta oli 16 prosenttia vuonna 2023. Suurimman osan liikenteen energiakulutuksesta muodostivat dieselöljy (53 prosenttia) ja moottoribensiini (31 prosenttia).



Kuva 7. Tieliikenteen nestemäisten polttoaineiden käyttö vuosina 2010-2023.

2.5. BIOPOLTTOÖLJY SEKÄ ÖLJY- JA KAASULÄMMITYKSESTÄ LUOPUMINEN

Biopolttoöljyjen käytöllä saavutettavia päästövähennyksiä on tarkasteltu vuotta 2021 koskevasta laskennasta lähtien. Laskennassa hyödynnetään Energiaviraston tietoja, jotka kattavat sekä käyttömäärät että päästövähennykset.

Öljylämmityksestä luopumista ja lämmitystapamuutoksilla saavutettua päästövähennyksiä on arvioitu vuoden 2020 laskennasta lähtien ja kaasulämmityksestä luopumista vuoden 2022 laskennasta lähtien.

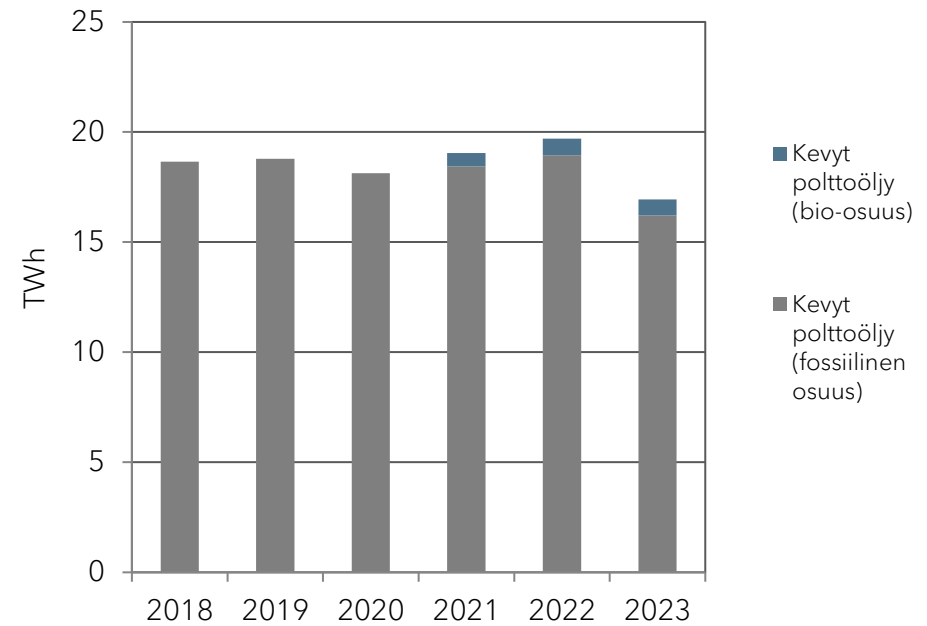
Osana öljy- ja kaasulämmityksestä luopumisen tarkastelua on selvitetty öljy- ja kaasulämmitystä korvaavat lämmitysmuodot. Korvaavien lämmitysmuotojen tiedot perustuvat ELY-keskuksen pientaloja koskeviin tietoihin.



2.5.1 BIOPOLTTOÖLJYN JA KEVYEN POLTTOÖLJYN KULUTUKSEN KEHITYS

Biopolttoöljyn jakeluvuorot astui voimaan vuodesta 2021 alkaen. Vuosina 2018-2020 biopolttoöljyä ei Tilastokeskuksen tietojen mukaan käytetty.

Vuonna 2023 biopolttoöljyä käytettiin 0,7 TWh. Määrä vastasi noin 4 prosenttia kevyen polttoöljyn käyttömäärästä yhteensä.

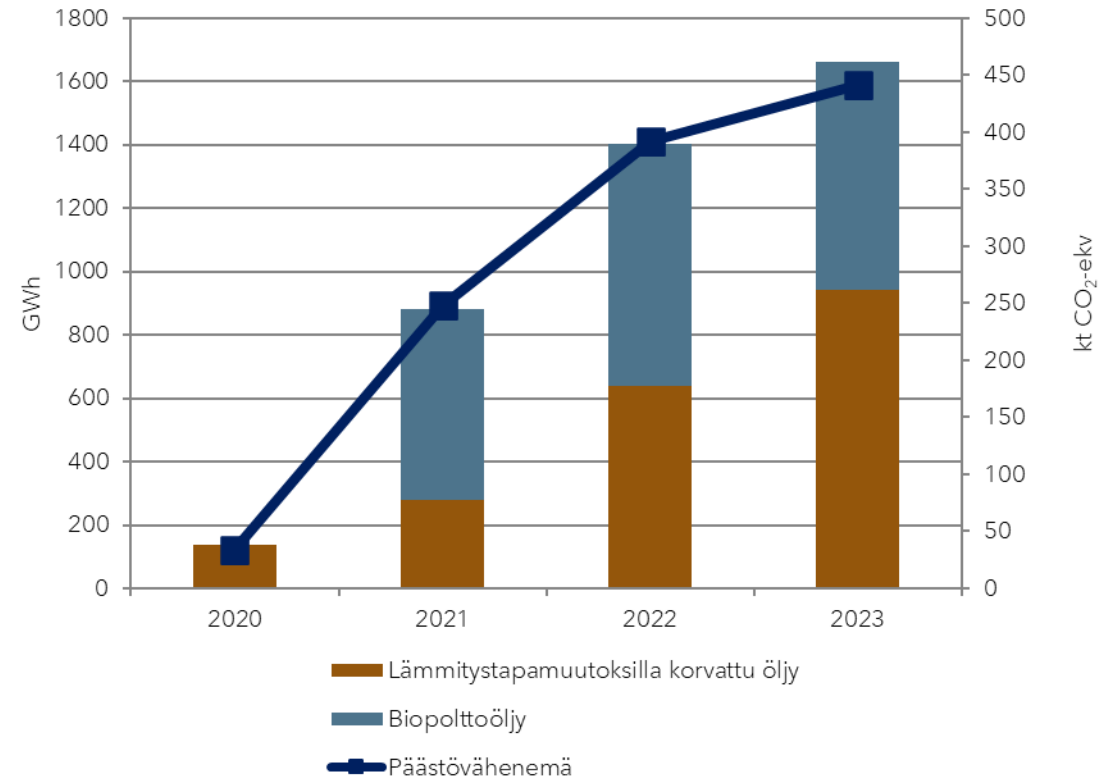


Kuva 8. Kevyt polttoöljyn käyttö (bio-osuus ja fossiilinen osuus) vuosina 2018–2023.

2.5.2 BIOPOLTTOÖLJYLLÄ JA LÄMMITYSTAPAMUUTOKSILLA KORVATTU ÖLJY JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Öljylämmityksestä luopumisen tukemisen avulla saavutettiin vuonna 2023 laskennallisesti 941 GWh:n öljyn säästö, kun mukana ovat vuosina 2020–2023 toteutetut lämmitystapamuutokset pientaloissa, taloyhtiöissä ja kuntien kiinteistöissä. Biopolttoöljyn käytöllä säästettiin 720 GWh fossiilista kevyttä polttoöljyä vuonna 2023.

Öljylämmityksestä luopumisella saavutettu päästövähennys vuonna 2023 oli 198 kt CO₂-ekv ja biopolttoöljyn käytöllä saavutettu päästövähennys vuonna 2023 oli 244 kt CO₂-ekv.

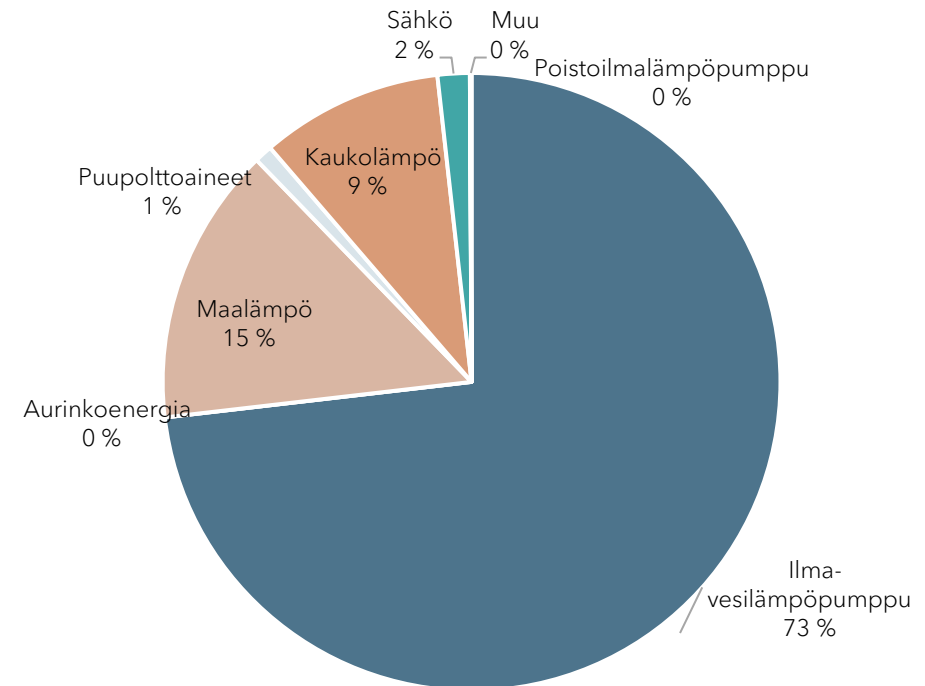


Kuva 9. Fossiilisen öljyn säästö lämmitystapamuutoksilla ja päästövähennykset vuosina 2020–2023 sekä fossiilisen öljyn säästö biopolttoöljyn käytöllä ja päästövähennykset vuosina 2021–2023.

2.5.3 ÖLJYLÄMMITYSTÄ KORVAAVAT LÄMMITYSMUODOT

Vuonna 2023 öljylämmitystä korvattiin pääasiassa ilma- ja vesilämpöpumpuilla (73 prosenttia) sekä maalämmöllä (14 prosenttia). Korvaavien lämmitysmuotojen tiedot perustuvat ELY-keskuksen pientaloja koskeviin tietoihin.

Yhteensä muilla lämmitysmuodoilla korvattiin lähes 14 000 öljykattilaa vuonna 2023.

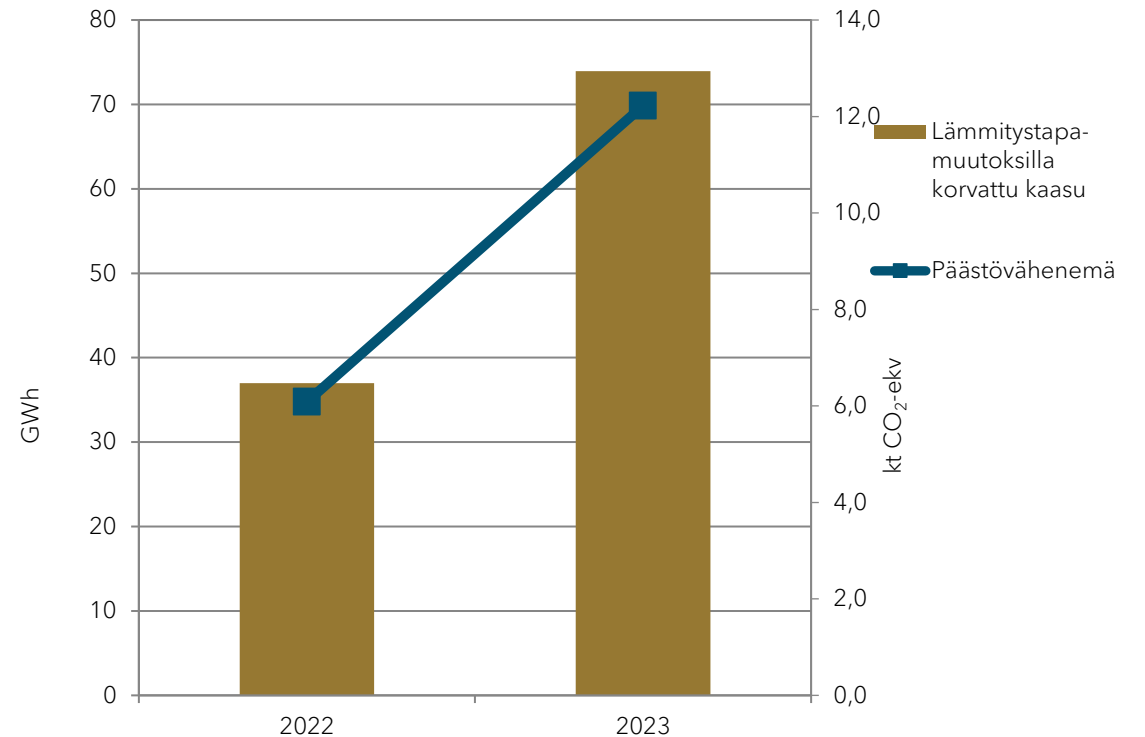


Kuva 10. Öljylämmitystä korvaavat lämmitysmuodot vuonna 2023.

2.5.4 LÄMMITYSTAPAMUUTOKSILLA KORVATTU KAASU JA SAAVUTETTU PÄÄSTÖVÄHENEMÄ

Kaasulämmityksestä luopumisen tukemisen avulla saavutettiin vuonna 2023 laskennallisesti 74 GWh:n maakaasun säästö, kun mukana ovat vuosina 2022 ja 2023 toteutetut lämmitystapamuutokset.

Kaasulämmityksestä luopumisella vuonna 2023 saavutettu päästövähennys oli 12 kt CO₂-ekv.

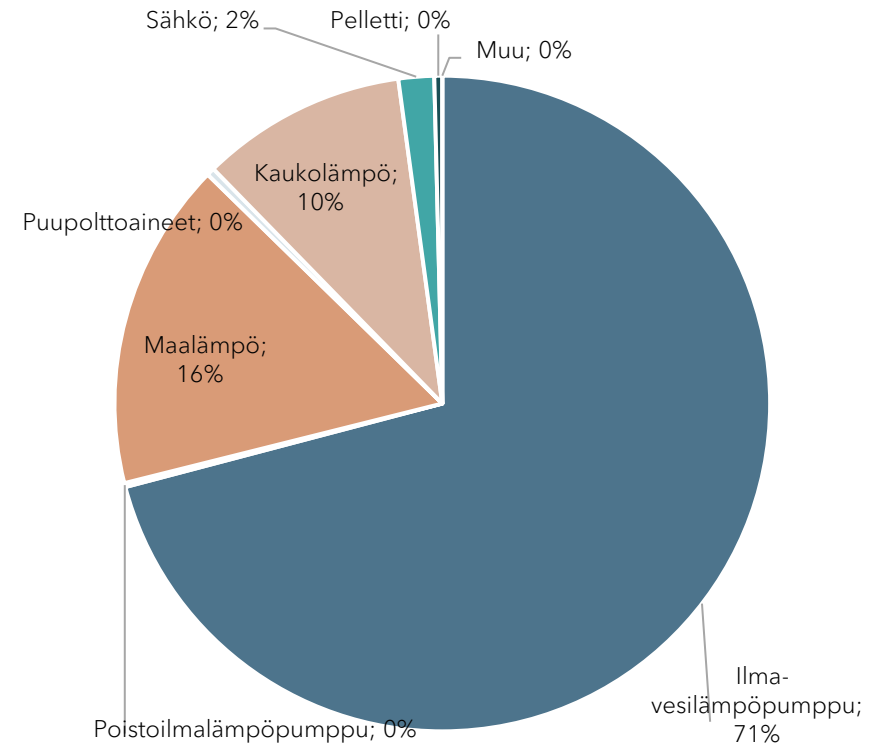


Kuva 11. Lämmitystapamuutoksilla korvattu maakaasu sekä saavutettu päästövähennys vuosina 2022–2023.

2.5.5 KAASULÄMMITYSTÄ KORVAAVAT LÄMMITYSMUODOT

Vuonna 2023 kaasulämmitystä korvattiin pääasiassa ilma- ja vesilämpöpumpuilla (71 prosenttia) sekä maalämmöllä (16 prosenttia). Korvaavien lämmitysmuotojen tiedot perustuvat ELY-keskuksen pientaloja koskeviin tietoihin.

Yhteensä muilla lämmitysmuodoilla korvattiin noin 460 kaasukattilaa vuonna 2023.

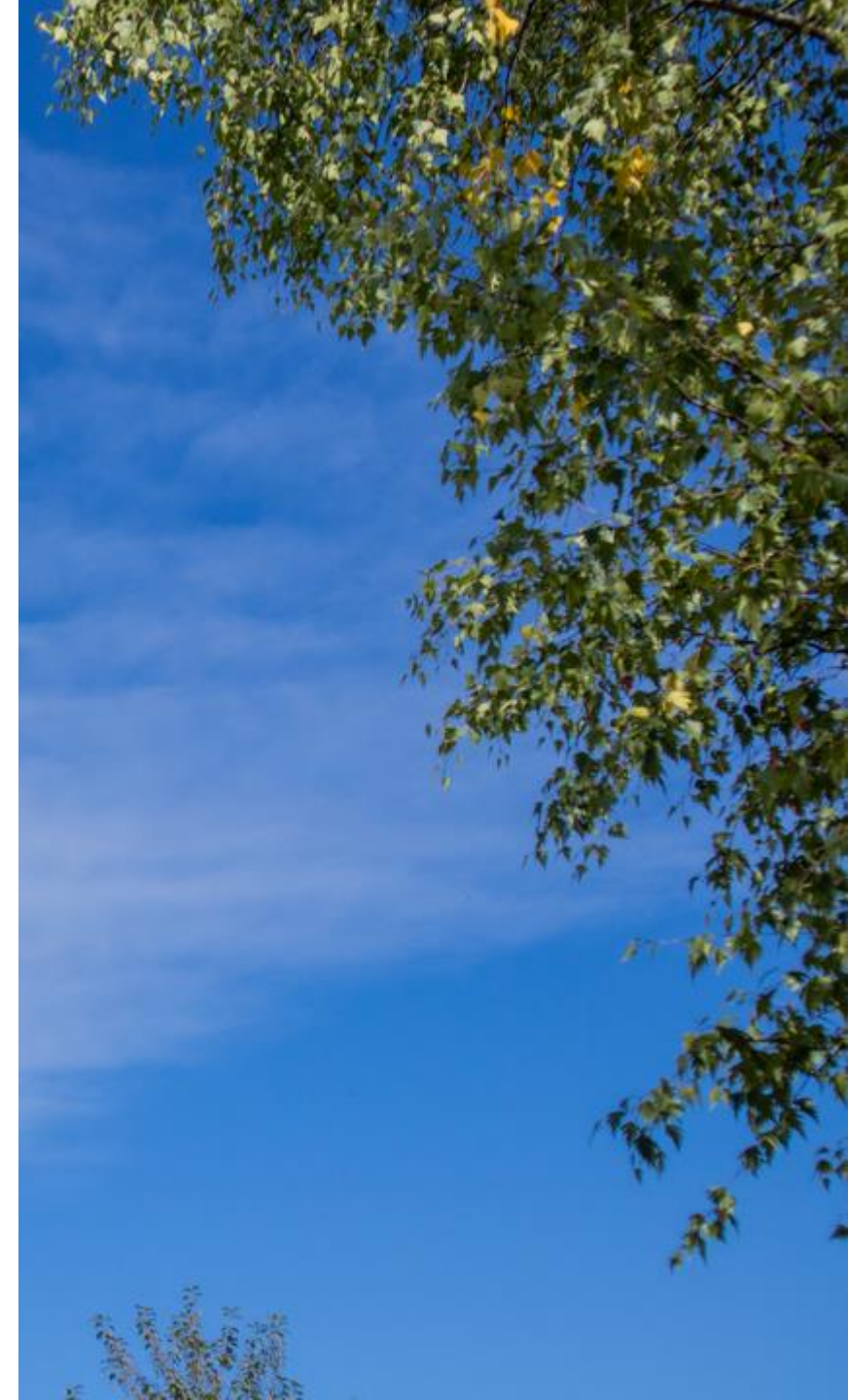


Kuva 12. Kaasulämmitystä korvaavat lämmitysmuodot vuonna 2023.

3. PÄÄSTÖVÄHENNYSTEN KOHDENTUMINEN

Uusiutuvan energian politiikkatoimia arvioitaessa tarkastellaan uusiutuvien energiamuotojen käytön muutoksia ja arvioidaan käytön muutosten vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin.

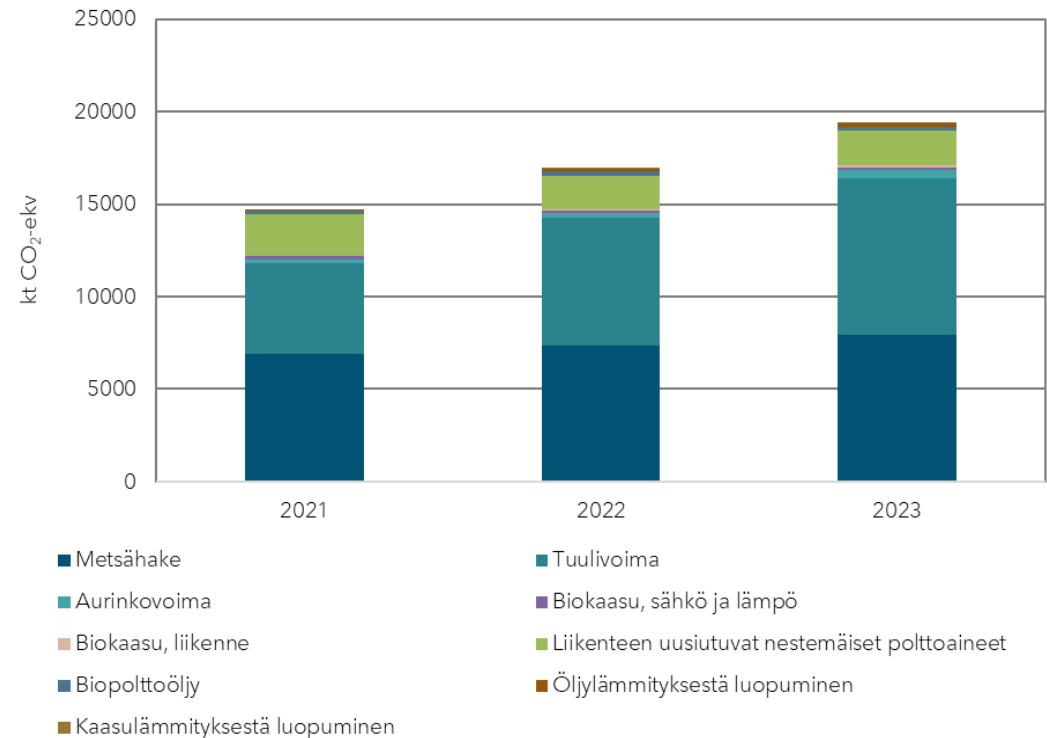
Saavutettujen päästövähennysten kohdentumista on arvioitu energialajeittain. Lisäksi on arvioitu päästövähennysten kohdentumista päästökauppa- ja taakanjakosektoreille.



3.1. PÄÄSTÖVÄHENNYKSET ENERGIALAJEITTAIN

Uusiutuvaa energiaa tukevilla politiikkatoimilla saavutetut päästövähennykset vuonna 2023 olivat yhteensä 19,4 Mt CO₂-ekv. Vastaava lukema vuonna 2022 oli 16,9 Mt CO₂-ekv.

Tarkastelluista päästövähennyksistä tuulivoiman osuus oli 44 prosenttia, metsähakkeen 41 prosenttia, liikenteen uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden 9 prosenttia ja aurinkovoiman 2 prosenttia.



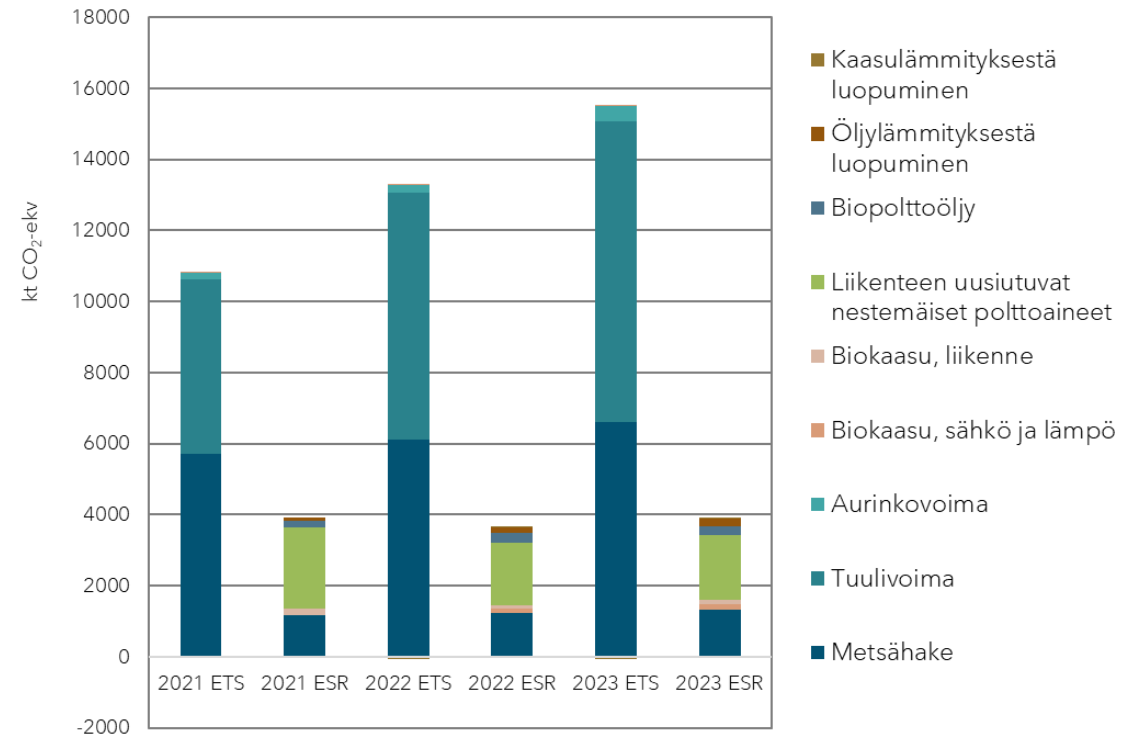
Kuva 13. Uusiutuvaa energiaa tukevilla politiikkatoimilla saavutetut päästövähennykset energialajeittain vuosina 2021–2023.

3.2. PÄÄSTÖVÄHENNYSTEN KOHDENTUMINEN PÄÄSTÖKAUPPA- JA TAAKANJAKOSEKTORILLE

Saavutetuista päästövähennyksistä 80 prosenttia kohdentui päästökauppasektorille vuonna 2023. Kaavion ETS kuvaa päästökauppasektoria ja ESR taakanjakosektoria.

Päästökauppasektorilla merkittävimmät päästövähennykset saavutettiin tuulivoimalla (8,5 Mt CO₂-ekv) ja metsähakkeella (6,6 Mt CO₂-ekv).

Taakanjakosektorilla merkittävimmät päästövähennykset saavutettiin liikenteen uusiutuvilla nestemäisillä polttoaineilla (1,8 Mt CO₂-ekv) ja metsähakkeella (1,3 Mt CO₂-ekv).



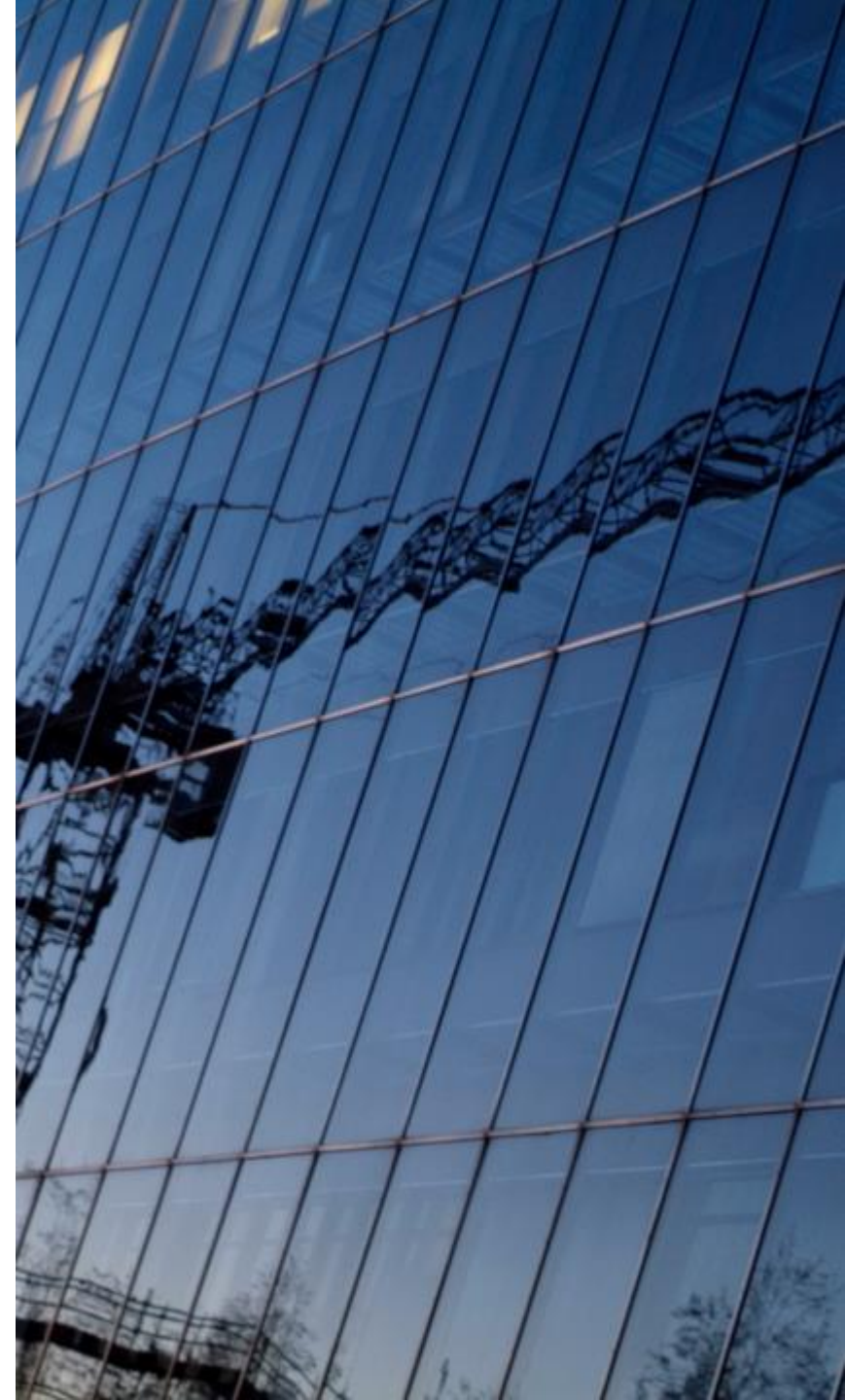
Kuva 14. Päästövähennykset päästökauppa- (ETS)- ja taakanjakosektoreilla (ESR) energialajeittain vuosina 2021-2023.

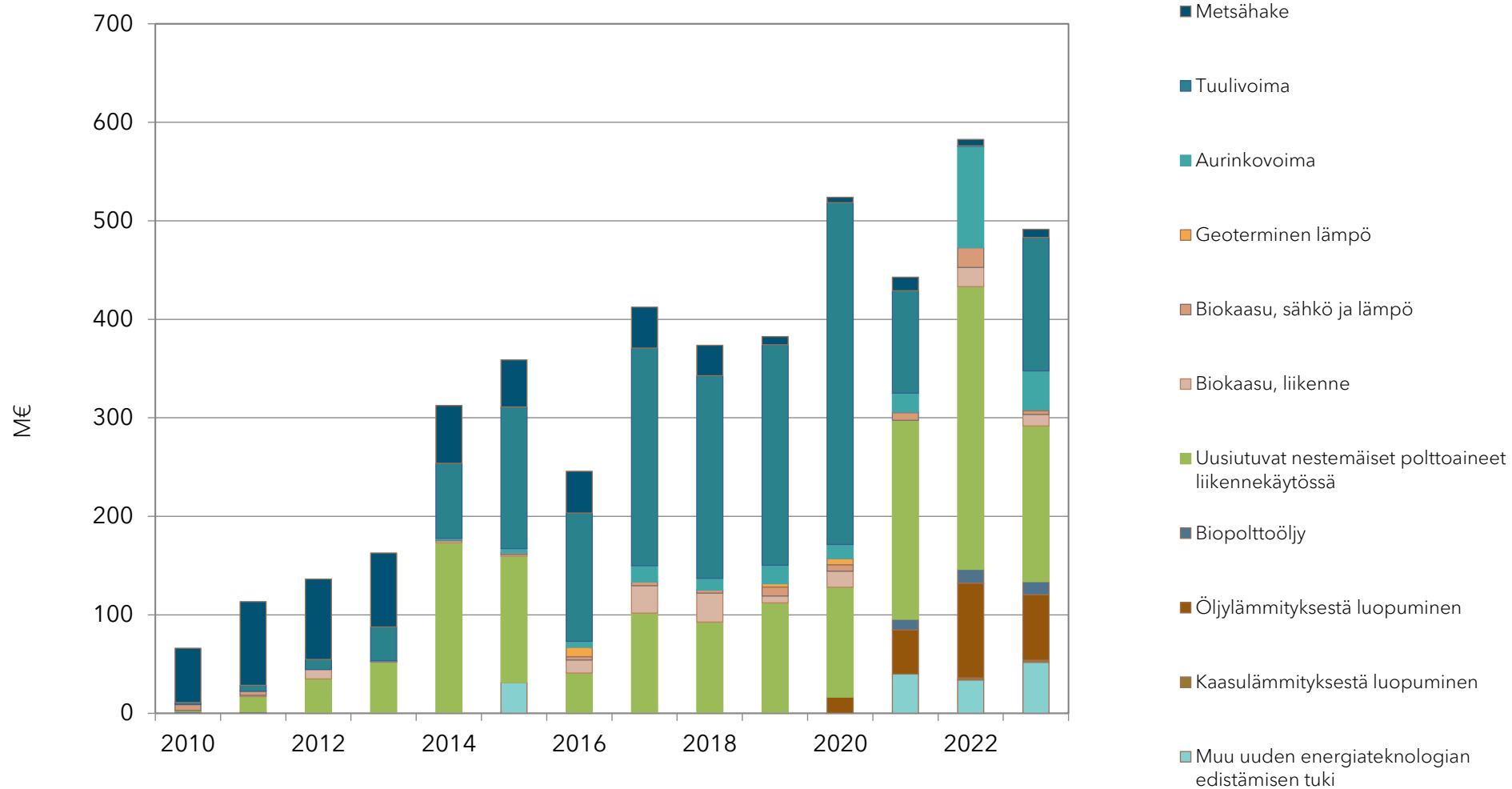
4. VALTIOLLE KOHDISTUVAT KUSTANNUKSET

Valtiolle kohdistuvat uusiutuvan energian edistämisen kustannukset olivat yhteensä 491 M€ vuonna 2023. Vuonna 2022 vastaava summa oli 583 M€ vuodesta 2022. Kustannukset vuosina 2010-2023 on esitetty seuraavalla sivulla kuvassa 15.

Tuulivoiman syöttötariffeja maksettiin 104 M€ vuonna 2023. Liikenteen uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden tuet olivat yhteensä 158 M€, mukaan lukien 20 M€ energiatuki Westenergyn EnergySampo CCU-hankkeelle nesteytetyn synteettisen metaanin tuotantolaitoksen toteuttamiseksi.

Öljylämmityksestä luopumisen kustannukset valtiolle olivat yhteensä 67 M€. Muun uuden energiateknologian edistämisen tuet 52 M€ kohdentuivat vuonna 2023 pääasiassa vetyinvestointeihin.





Kuva 15. Valtiolle kohdistuvat uusiutuvan energian edistämisen kustannukset vuosina 2010-2023.

5. LÄHTÖTIEDOT

Taulukko 1. Pääasialliset lähtötiedot energialähteittäin.

Energiamuoto	Kapasiteettitiedot	Kustannustiedot
Metsähake	Luonnonvarakeskus	Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiavirasto, Ruokavirasto, maa- ja metsätalousministeriö
Tuulivoima	Tilastokeskus	Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiavirasto, ympäristöministeriö
Aurinkovoima	Tilastokeskus	Työ- ja elinkeinoministeriö, Ruokavirasto, Vero, ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, Fingrid, asiantuntija-arviot
Geoterminen lämpö	Ei toistaiseksi tietoja	Työ- ja elinkeinoministeriö
Biokaasu	Energiavirasto (jakeluvelvoitelain ja KHK-lain mukaiset selvitykset), Tilastokeskus	Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiavirasto, Ruokavirasto, maa- ja metsätalousministeriö
Liikenteen uusiutuvat nestemäiset polttoaineet	Energiavirasto (jakeluvelvoitelain ja KHK-lain mukaiset selvitykset), Tilastokeskus	Työ- ja elinkeinoministeriö, Nestemäisten polttoaineiden valmisteveroa koskeva laki, Energiavirasto
Biopolttoöljy	Tilastokeskus/Suomen NIR-raportti, Energiavirasto (jakeluvelvoitelain mukaiset selvitykset)	Nestemäisten polttoaineiden valmisteveroa koskeva laki, Energiavirasto
Öljylämmityksestä luopuminen	ELY, ARA, Vero	ELY, ARA, Vero
Kaasulämmityksestä luopuminen	ELY	ELY
Muut	Ei toistaiseksi tietoja	Työ- ja elinkeinoministeriö, ympäristöministeriö

LISÄTIEDOT

Elina Leinonen,

elina.leinonen@sitowise.com

Suvi Monni,

suvi.monni@sitowise.com

Emma Liljeström,

emma.liljestrom@sitowise.com

2024

SITOWISE

