

Kuntien kasviuonekaasupäästövähennysten skenaariotyökalu

ALasSken-mallin laskentaperiaatteet

Santtu Karhinen ja Johannes Lounasheimo

Yhteydenotot: santtu.karhinen@syke.fi

1. Johdanto

Kunnat ja maakunnat ovat asettaneet itselleen haastavia päästövähennystavoitteita, joiden saavuttamiseksi tarvitaan monenlaisia toimenpiteitä. Osa toimenpiteistä tähtää ihmisten käyttäytymisen muutoksiin, kun taas osa edellyttää teknologisia muutoksia investointeja toteuttamalla. Suomen ympäristökeskuksen kehittämä ja ylläpitämä kuntien ja alueiden kasviuonekaasupäästöjen laskentajärjestelmä ALas (ALas, 2020; Lounasheimo ym., 2020) mahdollistaa toimenpiteiden jälkiseurannan yleisellä tasolla.

Sen sijaan toimenpiteiden etukäteisarviointi on nähty kunnissa haastavaksi, koska käytettävissä ei ole ollut soveltuvia yleispäteviä arviointityökaluja. Tässä menetelmäkuvauksessa esitellyllä kuntien kasviuonekaasupäästövähennysten skenaariotyökalulla (ALasSken) voidaan muodostaa erilaisia päästöskenaarioita perustuen kunkin kunnan nykyhetken päästötilanteeseen ja erilaisiin päästöihin vaikuttaviin tekijöihin sekä toimenpiteisiin. Työkalulla voidaan arvioida, minkälaisia muutoksia tiettyihin päästövähennystavoitteisiin pääseminen vaatii eri sektoreilla. Työkalun suunnittelun lähtökohtana on ollut, että työkalun käyttö tukee alueellisten ilmastotiekarttojen laatimista ja vaikutusarviointeja.

Skenaarion päästövähennysprosentti kuvaa päästövähennemää vertailuvuoden ja tavoitevuoden välillä, sisältäen jo toteutuneen päästökaasun vuoteen 2020 saakka sekä vuoden 2020 jälkeen erilaisin toimenpitein toteutettavat päästövähennykset. Työkalussa määriteltävät toimenpiteet toteutetaan vuoden 2020 jälkeen, mutta asetettuun tavoitevuoteen mennessä.

Työkalussa tarkastellaan [ALas-laskentajärjestelmän](#) Hinku-laskentasääntöjen mukaisia päästöjä, jotka ovat suoraan tai välillisesti kunnan vaikutuspiirissä. Tämän vuoksi esimerkiksi raskaan tieliikenteen läpiajoliikenteen päästöt ja päästökauppaan kuuluvien teollisuuslaitosten polttoaineiden käyttö on rajattu Hinku-päästöjen ulkopuolelle sekä päästölaskentajärjestelmässä että skenaariotyökalussa.

2. Perusskenaario

Keskeinen lähtökohta skenaariotyöskentelylle on määrittellä, miten yleinen markkinakehitys sekä voimassa olevat kansallisella tasolla tehdyt politiikkatoimet sekä lainsäädäntö vaikuttavat kuntien päästöihin. Tämän kehityksen havainnollistamiseksi työkaluun on rakennettu kullekin kunnalle lähtöoletukseksi niin sanottu perusskenaario, joka toimii skenaariotyöskentelyn pohjana. Perusskenaariossa kullekin päästösektorille on hahmoteltu maltillinen tavoitevuoden tulevaisuuskuva perustuen kansallisen ilmastopolitiikan toteuttamista tukevaan materiaaliin sekä lainsäädäntöön, joka asettaa reunaehdot kuntien päästökaasun vähennykselle.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Kansallisen ilmastopolitiikan toteuttamisen tueksi on laadittu useita raportteja, suunnitelmia ja linjauksia, joissa hahmotellaan Suomen tulevaa päästökehitystä. Näitä ovat muun muassa seuraavat:

- Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI) -hankkeessa laaditut WEM- ja WAM-skenaariot (VTT ym. 2021)
- Tieliikenteen perussennuste 2021 (VTT 2021a)
- Työkoneiden perussennuste 2021 (VTT 2021b)
- Energia- ja ilmastostrategian (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022) perus- ja politiikkaskenaariot (WEM, with existing measures ja WAM, with additional measures; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017) ja vaikutusarviot (Koljonen ym., 2017),
- Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma KAISUn (Ympäristöministeriö, 2022) taakanjakosektoria koskevat WEM- ja WAM-skenaariot taustalaskelmineen,
- Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050 (Mattinen ym., 2016),
- Suomen korjausrakentamisen strategian 2020–2050 tavoitteiden laskenta ja aineisto (Kangas ym., 2020),
- Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys PITKO (Koljonen ym., 2019),
- Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050 MALULU (Aakkula ym., 2019) ja
- Toimialojen vähähiilisyystiekartat (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020).

Kuntien tulevaan päästökehitykseen vaikuttavaa lainsäädäntöä:

- Jakeluvuvelvoitelain (Finlex 419/2019) mukaan biopolttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä (jakeluvuvelvoite) nousee tasaisesti 30 prosenttiin vuonna 2029.
- Kevyen polttoöljyn osalta bio-osuus kasvaa 10 prosenttiin vuonna 2028 (Finlex 418/2019).
- Hiilen käyttäminen sähkön tai lämmön tuotannon polttoaineena on kielletty 1 päivästä toukokuuta 2029 (Finlex 416/2019).

Edellä kuvattujen suunnitelmien, linjausten ja lainsäädännön toimeenpano tapahtuu kuitenkin pitkälti paikallisella tasolla, eikä perusskenaarion mukaisiin päästövähennyksiin ole mahdollista päästä täysin ilman kuntien aktiivista toimintaa. Toisaalta kansalliset ohjauskeinot voivat jatkossa tiukentua tai yleinen kehitys voi muulla tavoin olla perusskenaariota nopeampaa päästöjen vähenemiseen vaikuttavien tekijöiden suhteen. Skenaariotyökalun vuosipäivitysten yhteydessä myös perusskenaario arvioidaan käytettävissä olevan uuden tiedon pohjalta uudelleen.

Luvuissa 2.1–2.13 kuvataan perusskenaarion lähtökohdat ja keskeiset oletukset sektoreittain. Esimerkit on laskettu jaksolle 2020–2030, mutta skenaariotyökalu on käytettävissä niin, että perusskenaarion mukainen kehitys voidaan laskea vapaasti valittavalle tavoitevuodelle vuoteen 2050 saakka. Kehityksen katsotaan tällöin olevan pääosin lineaarista, tai joiltain osin kiihtyvää tai hidastuvaa, mikäli aineistoista löytyy tälle perusteita.

Kunkin sektorin kohdalla kuvataan myös käyttäjän rakentaman tavoiteskenaarion valintojen laskentaperusteet sekä vaihtoehtoja ja esimerkkejä perusskenaariota enemmän päästöjä vähentävistä kehityspoluista ja niihin tarvittavista ilmastotoimenpiteistä.

2.1. Väestöennuste ja rakennuskannan kerrosala

Kunnassa asuva väestö määrittää suurelta osin päästöjen määrää, minkä vuoksi väestön ennustettu muutos tulee huomioida päästöjä ennustettaessa. Kunnan väkiluku tavoitevuonna perustuu



Tilastokeskuksen (2021a) vuoteen 2040 ulottuvaan väestöennusteeseen. Vuosien 2041–2050 väkilukujen arvioidaan noudattavan lineaarisesti vuosien 2031–2040 ennustettua kehitystä.

Asuinrakennusten kerrosalojen muutokset seuraavat väestöennusteen prosentuaalista muutosta, jolloin asumisväljyys pysyy muuttumattomana. Muiden rakennusten kerrosalan oletetaan pysyvän perusskenaariossa ennallaan.

2.2. Rakennusten lämmitysenergian kulutus

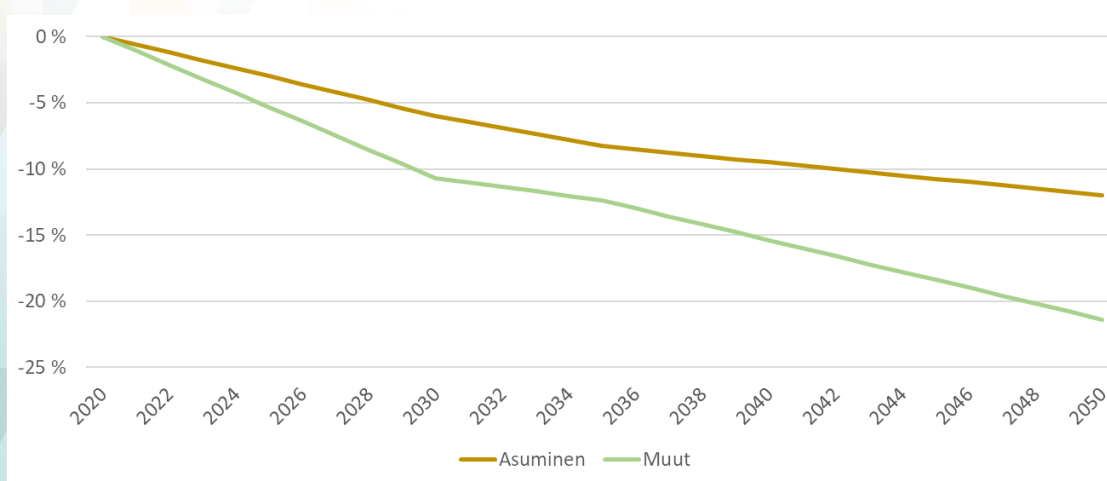
Rakennusten lämmitysenergian kulutukseen vaikuttavat olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden kehittyminen, uudisrakennusten energiatehokkuus sekä ilmaston lämpeneminen. Perusskenaarioon on valittu lähtökohdaksi Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050 (Mattinen ym., 2016) (Taulukko 1 ja Kuvio 1).

Arvion mukaan nykyisenkaltainen korjaustoiminta jatkuu tulevaisuudessa, millä on pieni vaikutus olemassa olevien rakennusten keskimääräiseen lämmön ominaiskulutukseen. Perusskenaario on tarkoituksella konservatiivinen, ja esimerkiksi trendin mukainen kehitys johtaisi perusskenaariota energiatehokkaampiin rakennuksiin tavoitevuosina, kun toimenpiteitä on alettu tehdä entistä ripeämmin. Esimerkiksi lämpöpumppujen asennukset ovat yleistyneet vauhdilla.

Taulukko 1. Olemassa olevien rakennusten lämmön ominaiskulutuksen muutos eri skenaarioissa 2020–2030.

Skenaario	Asuinrakennukset	Muut rakennukset
Perusskenaario	-6 %	-11 %
Trendi*	3 %	3 %
PITKO – jatkuva kasvu	-17 %	-23 %
PITKO – skenaarioiden keskiarvo	-15 %	-22 %

* Vuonna 2020 lämmitystarve oli poikkeuksellisen pieni, mikä näkyy trenditarkastelussa jaksolla 2020–2030.



Kuvio 1. Olemassa olevien rakennusten lämmön ominaiskulutuksen muutos perusskenaarioissa 2020–2050.



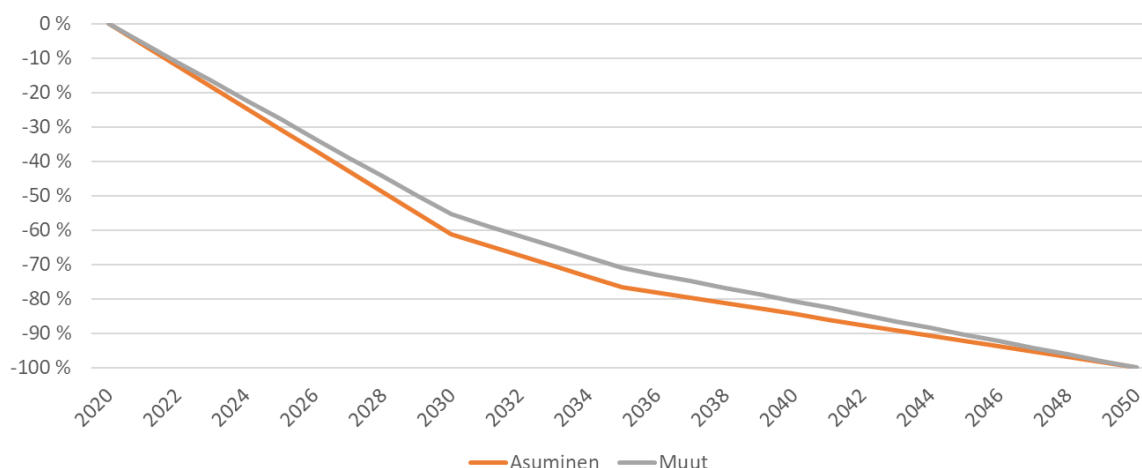
LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

2.3. Rakennusten lämmitystavat

Rakennusten lämmitystapojen oletetaan muuttuvan perusskenaariossa siten, että öljylämmityksen määrä vähenee HIISI-hankkeessa laaditun WEM-skenaarion (Lehtilä ym., 2021) mukaisesti. Muutos jaksolla 2020–2030 on asuintaloissa -61 prosenttia ja muissa rakennuksissa -55 prosenttia (Taulukko 2 ja Kuvio 2). Samaa muutosprosenttia sovelletaan myös muulle erillislämmitykselle (kaasu, turve, raskas polttoöljy, hiili, puu). Perusskenaariossa pien- ja rivitalojen öljy- ja muuta lämmitystä korvataan maalämmöllä ja muiden rakennusten osalta maalämmöllä (50 %) sekä kaukolämmöllä (50 %). Lisäksi oletetaan kevyen polttoöljyn bio-osuuden nousevan 10 prosenttiin vuonna 2028 (Kuvio 7). Öljylämmityksestä luopuminen on aiemmin arvioitua nopeampaa.

Taulukko 2. Muutos öljy- ja muussa erillislämmityksessä eri skenaarioissa 2020–2030.

Skenaario	Asuinrakennukset	Muut rakennukset
Perusskenaario	-61 %	-55 %
Trendi	-49 %	-31 %
Suomen korjausrakentamisen strategia 2020–2050	-42 %	-33 %



Kuvio 2. Muutos öljy- ja muussa erillislämmityksessä perusskenaarioissa 2020–2050.

2.4. Uudisrakentaminen

Uudisrakennusten energiatehokkuus perustuu ympäristöministeriön asetukseen (1010/2017) uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Asetuksessa on määritelty laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luku) vaatimustasot käyttötarkoituksittain (Taulukko 3). Vaadittavien E-lukujen ja vuosina 2018–2019 valmistuneiden rakennusten energiatodistustietojen (ARA, 2020) perusteella laskettiin keskimääräinen lämmitysenergian kulutus kerrosneliometriä kohti erikseen pien-, rivi- ja asuinkerrostaloille sekä muille rakennuksille (Taulukko 4). Energiatodistusaineistoista haettujen rakennusten E-lukujen vaihteluväli oli energiatehokkuusluokka B:n alarajasta (Ympäristöministeriö, 1048/2017) asetuksen vaatimaan vähimmäistasoon. Keskimääräinen ”muu rakennus” arvioitiin koko Suomen vuosina 2018–2019 valmistuneiden muiden rakennusten käyttötarkoitusten jakauman perusteella. Uudisrakennusten lämmitystavat (kaukolämpö tai lämpöpumput sis. maalämpöpumput, ilmavesilämpöpumput ja muut energiatehokkaat sähkölämmitysratkaisut) käyttötarkoituksittain



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

arvioitiin kuntakohtaisesti vuonna 2018 tai myöhemmin valmistuneiden rakennusten perustella (Digi- ja väestötietovirasto, 2020).

Taulukko 3. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun vaatimustasot käyttötarkoitukseluokittain (Ympäristöministeriö, 1010/2017).

Käyttötarkoitukseluokka	E-luvun raja-arvo kWh _E /(m ² a)
Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on 50–150 m ²	200-0,6 x A _{netto} (=170–110)
Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on 150–600 m ²	116-0,04 x A _{netto} (=110–92)
Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on >600 m ²	92
Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	105
Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa	90
Toimistorakennus, terveyskeskus	100
Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli	135
Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos	160
Opetusrakennus ja päiväkot	100
Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia	100
Sairaala	320
Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus	ei raja-arvoa

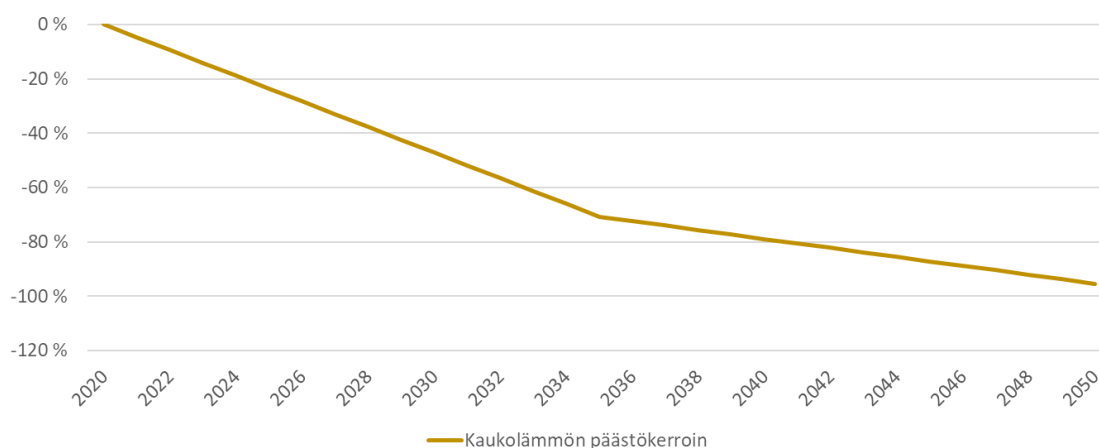


Taulukko 4. Uudisrakennusten lämmitysenergian kulutus perusskenaariossa (kWh/m²).

Rakennustyyppi	Lämmön ominaiskulutus (kWh/m ²)
Pientalot	115
Rivitalot	109
Asuinkerrostalot	66
Muut rakennukset	82

2.5. Kaukolämmön polttoaineet

Kaukolämmön tuotannossa kivihiilen käyttö vähenee nollaan vuoteen 2029 mennessä, ja turpeen osuus puolittuu vuoteen 2030 mennessä kuitenkin niin, että kunnan kaukolämmön kulutuksen päästökerroin pienenee vähintään Energiategollisuuden (2020) vähähiilitiekartan perusskenaarion mukaisesti 47 prosenttia jaksolla 2020–2030. Mikäli kunnan kaukolämmöntuotannosta ei ole polttoainetietoja käytettävissä, oletetaan suoraan -47 prosentin muutos ominaispäästöissä (Kuvio 3).



Kuvio 3. Kaukolämmön ominaispäästöjen muutos perusskenaariossa 2020–2050. Aikavälillä 2020–2030 kaukolämmön tuotannon päästökertoimen oletetaan laskevan keskimäärin 47 %.

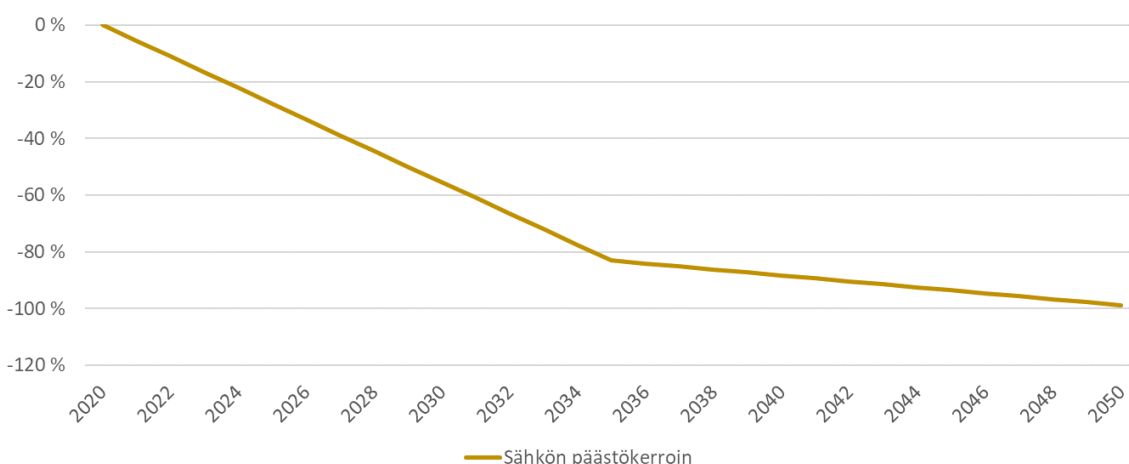
2.6. Kulutussähkö

Kuntien päästölaskennassa sähkönkulutus jaetaan lämmityssähköön ja kulutussähköön. Hinkulaskentasääntöjen mukaan teollisuuden sähkönkulutus ei sisälly laskentaan. Perusskenaariossa asumisen, maatalouden sekä palveluiden ja julkisen sektorin yhteenlasketun kulutussähkönkulutuksen oletetaan pysyvän asukasta kohti laskettuna ennallaan, jolloin sähkönkulutukseen vaikuttaa ainoastaan väestömäärän muutokset. Tämä on linjassa viimeisen noin kymmenen vuoden kehityksen kanssa. Kuntien kasvihuonekaasupäästölaskennan (ALas, 2020) mukaan kulutussähkön käyttö on ollut Suomessa viime vuosina 5,3–5,6 MWh asukasta kohti, eikä selvää nousutrendiä ole havaittavissa.



2.7. Sähkön päästökerroin

Sähkön valtakunnallisten päästökertoimien muutos on laskettu Energiategollisuuden (2020) vähähiilisyystiekartan perusskenaarion mukaisesti. Hinku-laskentasääntöjen mukaisesti sähkön päästökertoimesta on puhdistettu pois tuuli- ja aurinkosähkön vaikutus (nämä allokoidaan kunnille erikseen päästöhyvityksinä). Tämän päästökertoimen muutos on jaksolla 2020–2030 -52 prosenttia, jota käytetään sekä kulutus- että lämmityssähkön päästöjen laskentaan (Kuvio 4). Vuonna 2020 kulutussähkön päästökerroin oli 87 tCO₂e/GWh ja lämmityssähkön 86 tCO₂e/GWh (vertailupaikkakunta Helsinki; lämmityssähkön vuosikertoimet vaihtelevat hieman paikkakunnan kuukausittaisesta lämmitystarpeesta riippuen).



Kuvio 4. Sähkön päästökertoimien kehitys perusskenaariossa 2020–2050. Vuosina 2020–2030 sekä kulutus- että lämmityssähkön päästökertoimen oletetaan pienenevän 52 %.

2.8. Tieliikenteen ajosuoritteet

Eri ajoneuvotyyppien ajosuoritteet on mallinnettu eri tavoin. Kuorma-autojen suoritteille on oletettu sama prosentuaalinen suoritemuutos kaikissa kunnissa liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteen mukaisesti (LVM, 2021). Esimerkiksi vuosina 2020–2030 kuorma-autojen suoritemuutos on +9,2 %. Tavaraliikenteen ajosuoritteille ei voida nähdä vastaavia vaihtoehtoja kuin henkilöautoliikenteessä, minkä lisäksi tavaraliikenteen kuntakohtaisten ajosuorite-ennusteiden laadinnassa on huomattavasti enemmän epävarmuuksia kuin henkilöliikenteessä. Perusskenaariossa pakettiautojen suoritteet kehittyvät väestöennusteen perusteella siten, että koko maassa yhteenlaskettu pakettiautosuorite vastaa fossiilittoman liikenteen tiekartan oletuksia. Linja-autojen, moottoripyörien, mopojen ja mopoautojen suoritteiden oletetaan perusskenaariossa pysyvän vuoden 2020 tasolla.

Henkilöautojen ajosuorite on mallinnettu siten, että kunnissa tehtävät toimenpiteet muokkaavat suoritemäärää. Mallinnus perustuu historialliseen ajosuoritekehitykseen, jota selitetään erilaisilla väestöä ja aluetta kuvaavilla ominaisuuksilla seuraavasti:

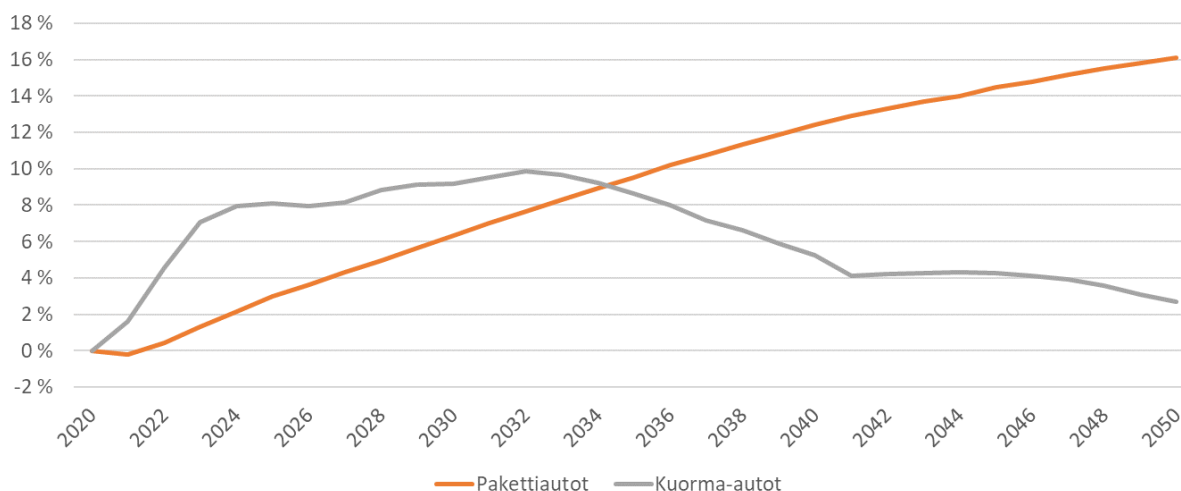
$$\log(\text{Suorite}_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{Saavutettavuus}_{it}^k + \beta_2 \text{Linja-autosuorite}_{it} + \beta_4 \text{Työmatkan keskipituus}_{it} + \beta_5 \text{Asemakaavoitus} + \beta_6 \text{Taajamien asukastiheys}_{it} + \beta_6 \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{it},$$

missä α on vakiotermi $i = (1, \dots, 294)$ on Manner-Suomen kunnat, $t = (2012, \dots, 2020)$ on estimoinnissa käytetty aikaperiodi, Suorite_{it} on henkilöautojen ajosuorite kunnassa i vuonna t ja ε_{it}



on virhetermi. Palveluiden saavutettavuutta mitataan kahdella mittarilla k , joiden etäisyydet on valittu tilastollisen merkitsevyyden perusteella 250 m, 500 m, 1 km, 2 km ja 5 km etäisyyksien joukosta:

- 1) Linja-autoliikenteen saavutettavuus: enintään 250 metrin etäisyydellä linja-autopysäkeistä asuvien osuus väestöstä (%).
- 2) Päivittäistavarakauppojen saavutettavuus: enintään 250 metrin etäisyydellä lähimmästä päivittäistavarakaupasta asuvan väestön osuus koko väestöstä (%).



Kuvio 5. Paketti- ja kuorma-autojen ajosuoritteiden kehitys suhteessa vuoteen 2020. Vuosina 2020–2030 kuorma-autojen ajosuoritteiden oletetaan kasvavan noin 9 % ja pakettiautojen 6 %.

Linja-autojen katusuoritteiden määrän mittarina käytetään ALas-mallin Hinku-laskentasääntöjen (ALas, 2020) mukaista linja-autojen katusuoritetta, joka ei sisällä läpiajoliikennettä. Työmatkaliikennettä kuvataan työmatkojen keskipituudella. Saavutettavuusmuuttujien lisäksi kunnan yhdyskuntarakennetta kuvataan asemakaavoitetulla maapinta-alalla kunnan kokonaismaapinta-alasta (%) sekä taajamien asukastiheydellä (taajamaväestö / km²).

Lopuksi kontrolloidaan muiden niin sanottujen eksogeenisten, kunnan vaikutuspiiriin ulottumattomissa olevien, tekijöiden vaikutus suoritteiden muodostukseen. Kontrollimuuttujamatriisi X_{it} sisältää väkiluvun, 0–14-vuotiaiden osuuden kunnan väestöstä, 15–64-vuotiaiden osuuden kunnan väestöstä, kotitalouden keskimääräiset käytettävissä olevat tulot, tieverkoston pituuden ja kunnan maapinta-alan. Yli 65-vuotiaiden osuus jätetään mallinnuksessa vertailuryhmäksi, johon nuorempien ikäluokkien vaikutusta suoritteeseen verrataan.

2.9. Ajoneuvojen käyttövoimat

Perusskenaariossa paketti- ja kuorma-autojen käyttövoimaoletukset noudattavat kaikissa kunnissa fossiilittoman liikenteen tiekartan mukaisia käyttövoimajakaumia kullekin tulevalle vuodelle (Kuvio 6). Pakettiautojen osalta tämä tarkoittaa, että täyssähköisten ajoneuvojen osuus kasvaa vuoteen 2050 mennessä noin 29 %, kun taas dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuus laskee vastaavasti. Kaasukäyttöisten pakettiautojen osuus oletetaan fossiilittoman liikenteen tiekartan oletusten mukaisesti perusskenaariossa hyvin pieneksi. Kaasukäyttöisten kuorma-autojen oletetaan sen sijaan yleistyvän niiden osuuden kasvaessa 8,8 % kaikista kuorma-autoista vuoteen 2050 mennessä, ja vastaavasti sähkökäyttöisten osuus on 9,5 %.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Myös linja-autojen käyttövoimien osalta lähtökohtana pidetään fossiilittoman liikenteen tiekartan käyttövoimajakaumaa (Kuvio 6). Perusskenaariossa jakaumaa kuitenkin muutetaan kunnan kaupunkimaisuuden mukaan. Toisin sanoen, sähkö- ja kaasukäyttöisten linja-autojen oletetaan yleistyvän ensisijaisesti suurimmissa kaupungeissa, kun taas pienemmissä kunnissa oletetaan käytettävän vain dieselkäyttöisiä linja-autoja. Käyttövoimajakaumat arvioidaan erikseen kaduille ja teille historiallisten katu- ja tiesuoritteiden määrien perusteella.



Kuvio 6. Perusskenaariossa käytetyt oletukset ajoneuvojen vaihtoehtoisista käyttövoimista. Bensiinin ja dieselin osuudet vaihtelevat kunnittain lähtötilanteen käyttövoimajakaumaan perustuen.

Koko maan osalta henkilöautojen käyttövoimajakaumat saadaan fossiilittoman liikenteen tiekartasta. Perusskenaariossa oletetaan, että täyssähkö-, kaasu- ja etanolikäyttöisten henkilöautojen osuudet ovat samat kaikissa kunnissa. Sen sijaan bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuudet vaihtelevat kunnittain sen mukaan, mikä ajoneuvokannan tilanne on viimeisimpänä ALas-päästölaskennan laskentavuonna. Siten myös ajoneuvokantojen keskimääräiset ominaispäästökertoimet vaihtelevat lähtötilanteessa.

2.10. Biopolttoaineet

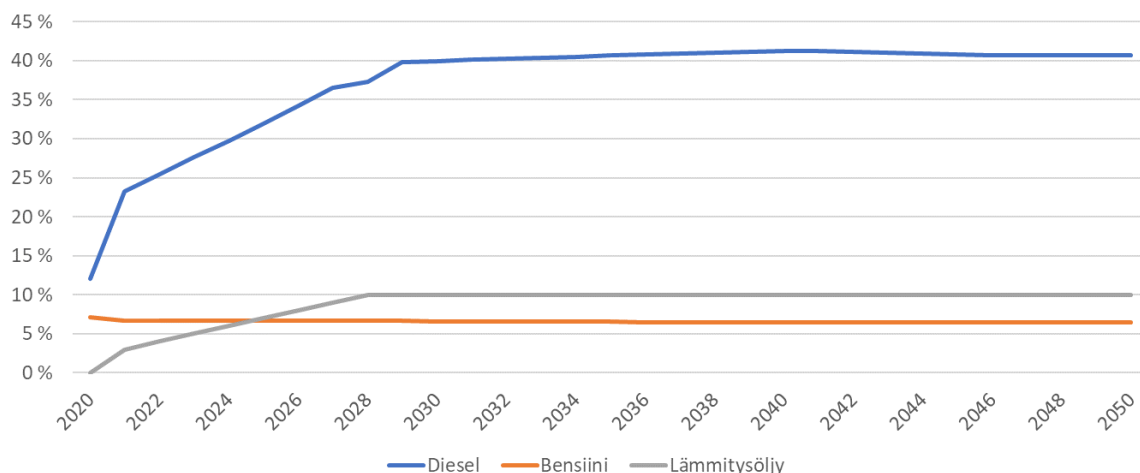
Biobensiinin ja biodieselin käyttö pienentää bensa- ja dieselkäyttöisten autojen keskimääräisiä kuntakohtaisia ominaispäästöjä. Niiden osuuskien kehitys on arvioitu tieliikenteen uuden perusennusteen (VTT, 2021a) polttoainekomponenttien kulustietojen perusteella. Vuonna 2030



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

benssiinin bio-osuus on 6,6 prosenttia ja dieselin 40,0 prosenttia energiasisällöstä (Kuvio 7). Tämä arvio on yhtenevä jakeluvuodelain (Finlex 419/2019) kanssa. Liikenteessä käytetystä kaasusta nollapäästöiseksi laskettavaa bioperäistä kaasua oli 53 % vuonna 2020 (Tilastokeskus, 2021b).



Kuvio 7. Polttoaineiden bio-osuudet perusskenaariossa 2020–2050. Vuonna 2030 bensiinin bio-osuus on 6,6 prosenttia ja dieselin 40,0 prosenttia energiasisällöstä. Lämmitysöljyn päästökertoimessa on huomioitu bio-osuuden kasvu 10 prosenttiin vuoteen 2028 mennessä.

2.11. Maatalous

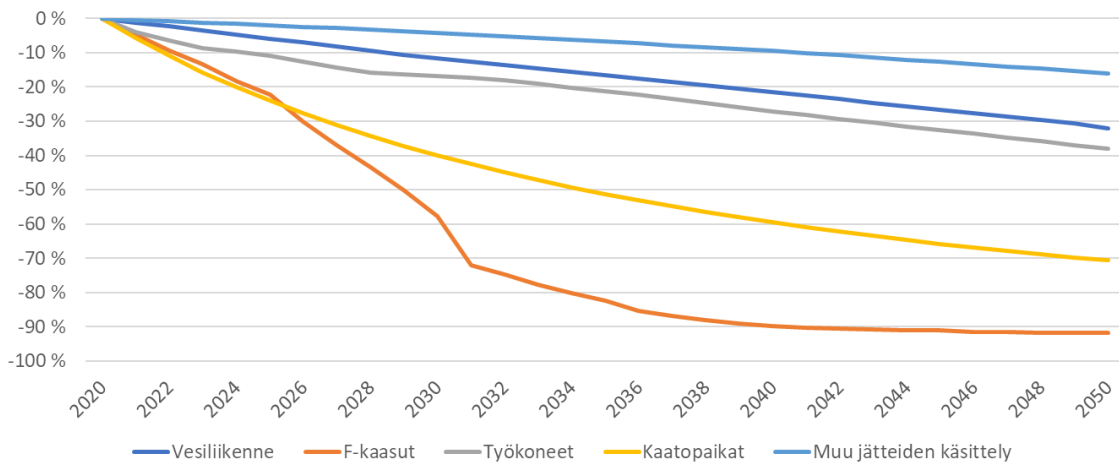
Maatalouden taakanjakosektorille kuuluvissa päästöissä on HIISIn WEM-skenaarion mukaan odotettavissa varsin pieniä muutoksia tulevina vuosina (Maanvilja ym., 2021). Perusskenaariossa maatalouden päästöt oletetaan vuoden 2020 tasoon.

2.12. Muut sektorit

Muiden sektorien päästömuutokset perusskenaariossa on esitetty Kuviossa 8. Vesi- ja raideliikenteen päästövähennykset on haettu liikenteen uudesta perussennusteesta (VTT, 2021). Jaksolla 2020–2030 vesiliikenteen päästöjen ennustetaan vähenevän 12 prosenttia ja raideliikenteen päästöjen pysyvän ennallaan. Raideliikenteen osalta perusskenaariossa huomioidaan kuitenkin sähköisen raideliikenteen päästöjen muutos valtakunnallisen sähkön päästökertoimen pienenemisen myötä (ks. 2.7).

Työkoneille on liikenteen tavoin laadittu uusi perussennuste vuonna 2021 (VTT, 2021b). Aiemmistä arvioista poiketen sähköistymisen ennustetaan etenevän myös työkoneissa. Muutos työkoneiden päästöissä on -17 prosenttia jaksolla 2020–2030. F-kaasujen ja jätteiden käsittelyn päästöt kehittyvät perusskenaariossa Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) päivitystä varten laadittujen ennusteiden mukaisesti. Jaksolla 2020–2030 F-kaasujen päästöjen ennustetaan vähenevän 58 prosenttia, kaatopaikkojen 40 prosenttia ja muun jätteiden käsittelyn (jäteveden puhdistus, kompostointi, mädätys) 4 prosenttia.





Kuvio 8. Vesiliikenteen, työkoneiden, F-kaasujen ja jätteiden käsittelyn päästöjen kehitys perusskenaariossa 2020–2050. Vuosina 2020–2030 työkoneiden päästöt laskevat perusskenaariossa 17 %, F-kaasujen 58 %, kaatopaikkojen 40 %, muun jätteiden käsittelyn 4 % ja vesiliikenteen 12 %.

Teollisuuden päästöjä on hyvin vaikea arvioida pitkälle tulevaisuuteen. Pitkän aikavälin kokonaispäästökehityksen (Koljonen ym., 2019) eri skenaarioissa teollisuuden päästöt kasvavat vuoteen 2030, mutta ovat huomattavan pienet vuonna 2050. Tuoreimmassa HIISin WEM-skenaariossa taakanjakosektorille kuuluvan teollisuuden päästöt säilyvät jokseenkin entisellään jaksolla 2020–2030 (Lehtilä ym., 2021). Perusskenaariossa teollisuuden päästöjen oletetaan vuoden 2020 tasoon.

2.13. Päästöhyvitykset

Päästöhyvitysten osalta perusskenaario ei sisällä ennustetta, vaan tuulivoiman tuotannon tilanne säilyy vuoden 2020 kaltaisena ja muiden hyvitysten lähtötaso on nolla.

3. Tavoiteskenaario

3.1. Väestöennuste ja rakennusten kerrosala

Tavoiteskenaariossa väestökehityksen voidaan arvioida olevan hitaampaa tai nopeampaa kuin Tilastokeskuksen väestöennusteessa. Kaupungistuminen on toistaiseksi ollut nopeaa, mutta tilanne voi tulevaisuudessa muuttua. Esimerkiksi vuoden 2013 väestöennusteessa (Tilastokeskus, 2013) Tampereen vuoden 2019 väkiluvun (238 000) ennustettiin toteutuvan vasta vuosien 2025 ja 2030 välillä.

Uudisrakennusten määrä voidaan suhteuttaa asuinrakennusten osalta väestökehitykseen, mutta asumisväljyyden voidaan myös arvioida muuttuvan suuntaan tai toiseen nykyisestä. Skenaariotyökalussa tarkastellaan erikseen pien-, rivi- ja asuin kerrostaloja sekä muita rakennuksia. Muiden kuin asuinrakennusten kerrosalan muutokseen vaikuttaa muun muassa julkisen sektorin uudet rakennukset, esimerkiksi koulut ja päiväkodit, sekä yleisesti väkiluvun kehitys, taloudelliset näkymät ja liikerakentaminen. Uuden rakentamisen määriä voidaan hakea kuntien suunnitelmista ja voimassa olevista yleiskaavoista.

Skenaarioon määritellään kunkin rakennustyyppin kohdalla kerrosalan nettomuutos, eli myös rakennusten käytöstä poistaminen ja purkaminen tulee ottaa huomioon. Purettavan rakennuksen korvaaminen uudella ei kuitenkaan tuo uutta kerrosalaa. Tämä niin sanottu purkava saneeraus voidaan laskea skenaariossa olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden muutoksina.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

Skenaarion sisältyy rakennusten energiankäytön päästöt, ja varsinaiset rakentamisen tai purkamisen päästöt jäävät laskennan ulkopuolelle.

3.2. Rakennusten lämmitysenergian kulutus

Olemassa olevan rakennuskannan lämmitysenergian kulutusta lähestytään skenaariotyökalussa energiaremonttien toteuttamisen ja niiden laajuuden kautta. Lisäksi laskennassa otetaan huomioon ilmaston lämpeneminen. Skenaariossa määritellään kuinka suuressa osassa pien-, rivi- ja asuinkerrostaloja sekä muita rakennuksia suoritetaan energiaa säästävää korjausrakentamishanke tavoitevuoteen mennessä. Työkalu näyttää energiakorjauksilla saavutettavan muutoksen lämmitysenergian kulutuksessa. Käyttäjä voi vaihtoehtoisesti asettaa tavoitteen energiansäästölle ja määrittää tähän vaadittavan energiakorjaamisen tason.

Suppealla energiaremontilla skenaariotyökalussa tarkoitetaan joukkoa energiankulutusta pienentäviä toimia, jotka eivät vaadi merkittäviä rahallisia investointeja. Näitä ovat esimerkiksi lämmitysjärjestelmän säätäminen ja lämpimän käyttöveden säästötoimet (Taulukko 5). Suppealla energiaremontilla saavutettava lämmitysenergian säästö voi vaihdella kohteesta ja remontin sisältämisestä toimenpiteistä riippuen hyvinkin paljon. Suuntaa antavaksi energiansäästökseen on asiantuntija-arvioiden pohjalta määritelty **10 prosenttia**.

Taulukko 5. Suppeaan energiaremonttiin kuuluvia toimenpiteitä.

Toimenpide	Lämmitysenergian säästö
Älykkäät lämmönohjausjärjestelmät	5–15 %
Lämpimän käyttöveden säästötoimet (paineenalennus, vähän kuluttavat vesikalusteet)	3–10 %
Patteritermostaattiventtiilien uusiminen ja lämmönjaon perussäätö	2–5 %
Ilmanvaihdon perussäätö 0-3%	0–3 %
Ikkunoiden tiivistäminen	0–3 %
Infotilaisuuksia energiatehokkaan perusparantamisen ja asumisen hyödyistä	0–3 %

Laaja energiaremontti sisältää käyttötekniisten parannusten ohella esimerkiksi seinien ja ylä- sekä alapohjan lisäeristyksen, ikkunoiden vaihtamisen energiatehokkaammiksi ja lämpöpumppujen asennuksen (Taulukko 6). Toimenpiteet vaativat rakennus- tai toimenpidelupaa sekä yleensä ulkopuolista osaamista ja työvoimaa. Laajan energiaremontin arvioidaan säästävään lämmitysenergiaa keskimäärin **50 prosenttia**. Mittavia investointeja vaativia energiaremontteja on kustannustehokkainta suorittaa rakennusten peruskorjausten yhteydessä. Laajan energiatehokkuutta parantavan korjausrakentamishankkeen yhteydessä päälämmitystapa voidaan muuttaa esimerkiksi maalämpöön, jolloin saavutettava energiansäästö kasvaa. Skenaariotyökalussa lämmitystavan vaihdokset ja niiden mahdollisesti tuottama energiankulutuksen ja päästöjen pieneminen käsitellään erikseen (ks. luku 2.3).

Taulukko 6. Laajaan energiaremonttiin kuuluvia toimenpiteitä.

Toimenpide	Lämmitysenergian säästö
------------	-------------------------

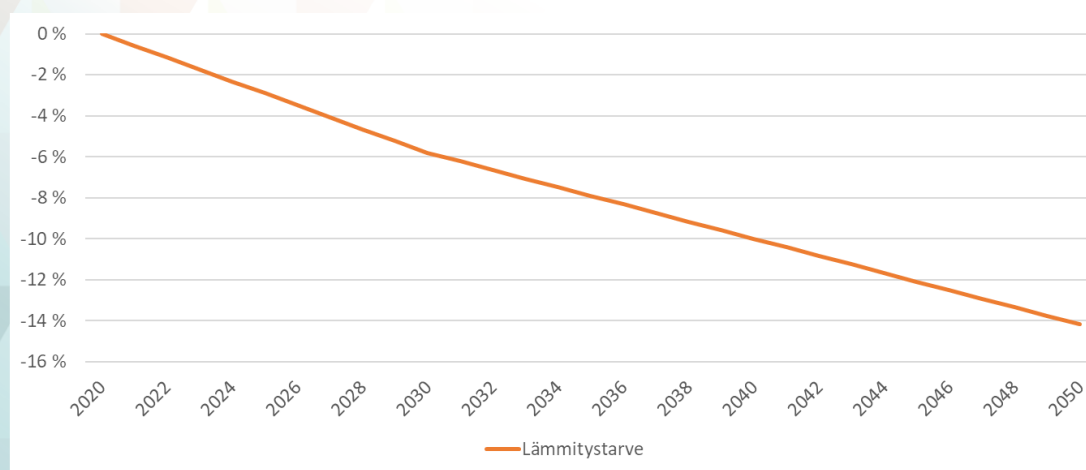


LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

Ilmalämpöpumppu	30–40 %
Poistoilmalämpöpumppu	30–40 %
Jäteveden lämmön talteenotto	5–25 %
Seinien lisäeristys	5–21 %
Ikkunoiden vaihto	5–15 %
Lämmönjakelujärjestelmän modernisointi	4–12 %
Ilmanvaihtokoneiden uusiminen ja järjestelmän laaja huolto	4–12 %
Yläpohjan lisäeristys	4–12 %
Aurinkopaneelit (käyttöveden lämmitys)	3–15 %
Aurinkokeräimet	2–10 %
Alapohjan lisäeristys	0–5 %
Parvekkeiden lasitus	0–5 %
Lämmityspattereiden uusiminen	0–5 %
Lattialämmityksen asentaminen	0–5 %
Ovien vaihto	0–3 %
Lämminvesivaraajan vaihto	0–2 %

Energiakorjaamisen aikaansaamaan lämmitysenergian tarpeen vähenemiseen lisätään vielä ilmaston lämpenemisen vaikutus. Lämmitystarve vähenee asuinrakennuksissa ilmastonmuutoksen keskiskenaarion A1B:n toteutuessa 10 prosenttia jaksolla 2012–2030 (Jylhä ym., 2015). Muutos skenaariotyökalun perusvuoteen 2020 verrattuna on -6 prosenttia (Kuvio 9). Samoja muutosprosentteja käytetään myös muille kuin asuinrakennuksille.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Kuvio 9. Asuinrakennusten lämmitystarpeen (heating of spaces and ventilation) muutos ilmaston lämpenemisen A1B-skenaariossa (Jylhä ym., 2015). Skenaariotyökalussa ilmastonmuutoksen vaikutus lämmitystarpeeseen on -6 % vuosina 2020–2030.

3.3. Rakennusten lämmitystavat

Skenaariossa määritellään kuinka suuressa osassa kunnan alueella sijaitsevista öljy-, sähkö- ja kaukolämmitteisistä pien-, rivi- ja asuinkerrostaloista sekä muista rakennuksista päälämmitysmuoto vaihdetaan tavoitevuoteen mennessä. Muun kiinteistökohtaisen lämmityksen (kaasu-, turve-, hiili-, raskas polttoöljy ja puu) oletetaan noudattavan samaa kehitystä kuin öljylämmityksen.

Öljy- ja sähkölämmitteisten rakennusten osalta työkalussa tarjotaan vaihtoehtoisiksi lämpöpumppuja (sis. maalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput ja muut energiatehokkuudeltaan maalämpöön verrattavat sähkölämmitysratkaisut) tai kaukolämpöä. Kaukolämmitys on puolestaan mahdollista vaihtaa maalämpöön.

3.4. Uudisrakentaminen

Uudisrakennuksia voidaan rakentaa määräystasoa energiatehokkaammiksi. Skenaariossa arvioidaan, kuinka suuri osa erityyppisistä rakennuksista rakennetaan:

- Määräystasoa (Ympäristöministeriö 1010/2017) energiatehokkaammin, ja
- Kuinka suuri osa määräystasoa energiatehokkaammin rakennettavista toteutetaan hieman määräystasoa paremmin siten, että lämmitysenergian kulutus on kaksi kolmasosa siitä mitä määräystasolla keskimäärin (33 % energiatehokkaampi, Taulukko 7).
- Kuinka suuri osa määräystasoa energiatehokkaammin rakennettavista toteutetaan paljon määräystasoa paremmin siten, että lämmitysenergian kulutus on yksi kolmasosa siitä, mitä määräystasolla keskimäärin (66 % energiatehokkaampi)

Uudisrakennusten lämmitystavoiksi voi valita rakennustyypeittäin joko kaukolämmön tai lämpöpumpun (sis. maalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput ja muut energiatehokkuudeltaan maalämpöön verrattavat sähkölämmitysratkaisut).

Taulukko 7. Uudisrakennusten lämmitysenergian ominaiskulutus (kWh/m²) eri energiatehokkuustasoilla skenaariotyökalussa. Rakennusten maantieteellisestä sijainnista johtuvaa lämmitystarpeen vaihtelua ei ole laskennassa otettu huomioon.

Rakennustyyppi	Määräystaso (kWh/m ² /a)	Paljon paremmat (-66 %) (kWh/m ² /a)	Hieman paremmat (-33 %) (kWh/m ² /a)
Pientalot	115	38	77
Rivitalot	109	36	73
Asuinkerrostalot	66	22	44
Muut rakennukset	82	27	54



3.5. Kaukolämmön polttoaineet

Kaukolämmön tuotannon tavoitevuoden polttoainejakauma määritellään kunkin polttoaineen prosenttiosuuksina vuosituotannosta. Polttoainevaihtoehdot ovat seuraavat:

- kivihiili,
- maakaasu,
- öljy,
- turve,
- bio,
- jäte,
- lämpöpumput ja
- muut.

Öljy on kevyttä polttoöljyä, jonka päästökertoimessa on huomioitu bio-osuuden kasvu 10 prosenttiin vuoteen 2028 mennessä (ks. Kuvio 7). Turve on oletuksena jyrshinturvetta ja jäte yhdyskuntajätettä, jonka päästöt lasketaan viimeisimmän päästölaskentavuoden päästökertoimella. Lämpöpumppujen prosenttiosuus on se lämpöenergian määrä, joka tuotetaan kaukolämpöverkkoon lämpöpumpuilla, mukaan lukien kaikki hukka- ja ympäristölämmöt. Muut-luokkaan määritellään muut päästöttömät energialähteet, esimerkiksi geoterminen syvälämpö, joka toimii suoraan ilman lämpöpumppuja, vety tai hiilidioksidista valmistetut synteettiset polttoaineet.

3.6. Kulutussähkö

Kulutussähkö sisältää asumisen, maatalouden sekä palveluiden ja julkisen sektorin yhteenlasketun sähkönkulutuksen, lukuun ottamatta lämmityssähköä. Skenaariossa määritellään tavoitevuoden asukasta kohti laskettu kulutussähkön käyttö. Laskenta huomio asukasluvun muutokset. Myös kaukolämmön (lämpöpumput; luku 3.5) sähköistyminen huomioidaan kulutussähkön kokonaiskulutuksessa.

3.7. Sähkön päästökertoimet

Sähkön päästökertoimien voidaan arvioida muuttuvan nopeammin tai enemmän kuin perusskenaariossa. Esimerkiksi Energiateollisuuden vähähiiliskenaarion (Energiateollisuus, 2020; AFRY, 2020) mukaan sähkön päästökertoimen muutos ilman tuuli- ja aurinkovoimaa (Hinkulaskenta) on jaksolla 2020–2030 -52 prosenttia, ja vuoteen 2035 mennessä -79 prosenttia. Samaa muutosprosenttia käytetään sekä kulutus- että lämmityssähkölle.

3.8. Tieliikenteen ajosuoritteet

Skenaarioissa voidaan tarkastella useiden eri henkilöautojen liikennesuoritteeseen vaikuttavia tekijöitä, jotka kuvattiin luvussa 2.8. Skenaariossa voidaan vaihdella myös muiden ajoneuvotyyppien ajosuoritetta perusskenaarion mukaisista oletuksista.

3.9. Ajoneuvojen käyttövoimat

Ajoneuvotyyppien käyttövoimajakamaa voidaan muuttaa. Esimerkiksi kasvatettaessa täyssähköautojen osuutta, pienennetään diesel- ja bensiinikäyttöisten ajoneuvojen osuuksia lähtötilanteen suhteellisten osuuksien mukaisesti, kunnes käyttövoiman osuus on nolla.

Bensiini- ja dieselhybridien osuudet sisältyvät bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuuksiin, koska niissä todellisuudessa käytettävästä käyttövoimasta ei ole varmuutta. Mikäli hybridien



sähkökäytöstä on tietoa, voidaan hybridien vaikutusta päästöihin tarkastella kasvattamalla täyssähköisten ajoneuvojen osuutta.

Perusskenaariossa liikenteessä käytetystä kaasusta 53 % on biokaasua, joka kuvaa koko maan keskiarvoa. Paikallisesti biokaasun osuus liikennekaasussa voi vaihdella, joten työkalussa biokaasun osuutta voi muuttaa.

3.10. Maatalous

Maataloudessa päästöjä syntyy pääosin kotieläinten ruoansulatuksesta ja lannankäsittelystä sekä viljelymailta muun muassa lannoituksen seurauksena. Päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi tuotantoeläinten ruokinnan muutoksilla, karjan ikärakenteeseen vaikuttamalla, lannoitusta vähentämällä ja nurmen viljelyä lisäämällä (Regina, 2020). Myös eläinproteiinin korvaaminen kasviproteiinilla vähentää epäsuorasti maatalouden päästöjä.

3.10.1. Kotieläintuotannosta peräisin olevat päästöt

Eläintuotannosta peräisin olevien päästöjen laskennassa huomioidaan eläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt ja lannankäsittelyn metaani- ja dityppioksidipäästöt. Skenaariotyökalussa on mahdollista muuttaa eläinten lukumääriä suhteessa perusvuoteen ($\pm 0-100$ %; erikseen naudoille, sioille ja siipikarjalle), mikä muuttaa vastaavasti eläinlajikohtaisia päästöjä. Lannankäsittelystä peräisin olevat epäsuorat dityppioksidipäästöt muuttuvat samassa suhteessa lannankäsittelyn suorien dityppioksidipäästöjen kanssa.

Eläinmäärätarkastelun lisäksi skenaariotyökalussa voidaan arvioida ruokinnan vaikutusta nautojen ruoansulatukseen metaanipäästöihin säätämällä niin sanotun ilmastorehuruokinnan osuutta naudoilla. Oletuksena skenaariotyökalussa on, että ilmastorehu (esim. 3-NOP) vähentää eläinlajikohtaisia ruoansulatuksesta peräisin olevia metaanipäästöjä 25 %.

3.10.2. Peltoviljelystä peräisin olevat päästöt

Muutokset pelloille päätyvän lantatypen määrässä

Eläinmäärien muuttaminen vaikuttaa myös muodostuvan lannan määrään ja siten pelloille levitettävän ja laidunnuksen yhteydessä laitumille jäävän lannan määrään. Tämän seurauksena lannanlevityksestä ja laidunnuksesta peräisin olevat dityppioksidipäästöt muuttuvat. Samassa suhteessa muuttuvat myös lantaperäiset epäsuorat dityppioksidipäästöt.

Muutokset pellolle päätyvän lantatypen määrässä vaikuttaisivat käytännössä epäorgaanisten lannoitteiden käyttömääriin ja edelleen niistä aiheutuviin dityppioksidipäästöihin, mutta tätä skenaariotyökalu ei automaattisesti ota huomioon.

Epäorgaanisten typpilannoitteiden käyttö

Epäorgaanisten typpilannoitteiden käytössä tapahtuvat muutokset vaikuttavat samassa suhteessa niistä aiheutuviin dityppioksidipäästöihin. Skenaariotyökalussa on mahdollista muuttaa lannoitteiden käyttöä suhteessa perusvuoteen ($\pm 0-100$ %).



Turveltojen ennallistaminen

Skenaariotyökalussa voidaan säätää ennallistettujen turveltoalueiden osuutta erikseen yksivuotisten ja monivuotisten kasvien tuotannossa olevilla sekä viljelemättömillä alueilla. Ennallistamisen oletetaan lopettavan turveltojen eloperäisen aineksen hajoamisen, minkä seurauksena eloperäisen aineksen hajoamisesta johtuvat dityppioksidipäästöt loppuvat kokonaan.

Alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa ei ole vielä mukana maatalousmaiden maankäytöstä ja maankäytön muutoksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Ennallistamisen myötä turvelto muuttuvat hiilidioksidin lähteistä hiilinieluiksi. Samalla ennallistetut alueet muuttuvat metaanipäästölähteiksi. Näitä päästömuutoksia ei skenaariotyökalussakaan toistaiseksi oteta huomioon.

Kasvinjäänteistä aiheutuvat dityppioksidipäästöt muuttuvat sen mukaan, kuinka suuri osa turvelloista ennallistetaan. Tämän skenaariotyökalu ottaa automaattisesti huomioon.

Kasvilajisuhteiden muutokset turvelloilla

Turvelloilta vapautuvan dityppioksidin päästö riippuu pellolla viljeltävästä kasvista (yksivuotinen, monivuotinen, viljelemätön). Yksivuotisten kasvien viljelyssä päästö on suurin, ja pellon ollessa viljelemättömänä päästö on pienin. Skenaariotyökalussa voidaan näitä kasvilajisuhteita muuttaa.

Kasvilajisuhteissa tapahtuvien muutosten aiheuttamia muutoksia kasvintähteistä vapautuvissa dityppioksidipäästöissä ei oteta tässä yhteydessä huomioon. Sen merkitys olisi melko pieni, koska kasvinjäänteissä olevat typpimäärät hehtaaria kohti ovat melko samansuuruiset eri kasvityypeillä.

Pohjaveden pinnan nosto turvelloilla

Nurmilla ja viljelemättömillä turvelloilla eloperäisen aineksen hajoamista ja siitä aiheutuvia dityppioksidipäästöjä voidaan vähentää nostamalla peltojen pohjaveden pintaa, jolloin eloperäisen aineksen hajoaminen hidastuu. Skenaariotyökalussa on mahdollista säätää toimenpiteen piirissä olevien peltojen osuutta, erikseen nurmi- ja viljelemättömille pelloille.

Toimenpide vaikuttaa myös turvelloilta vapautuvaan hiilidioksiidiin, mutta sitä skenaariotyökalu ei toistaiseksi ota huomioon.

3.11. Muut sektorit

Muiden sektorien osalta perusskenaariota suurempia vähennysprosentteja voidaan ennakoida ainakin vesiliikenteessä, työkoneissa, maataloudessa ja teollisuudessa. Vesiliikenteessä erityisesti satamapaikkakunnilla voidaan vähentää päästöjä maasähköjärjestelmien kautta. Myös työkoneiden osalta kehitystä kohti sähkö- ja biokaasukäyttöisiä laitteita voidaan vauhdittaa esimerkiksi suurten kaupunkien hankintojen kautta. Teollisuuden päästöjä voidaan vähentää muun muassa prosesseja sähköistämällä, kiinnittämällä huomiota polttoaineisiin ja energiatehokkuuteen. Vähennysprosenttia voidaan arvioida tutkimalla teollisuuden energiatehokkuussopimuksia ja vastuullisuusraportteja tai suoraan kysymällä kunnan alueella sijaitsevien teollisuuslaitosten suunnitelmista.

3.12. Päästöhyvitykset

Skenaariotyökalussa voidaan hyödyntää useita päästöhyvityksiä, jotka ovat yhteneväiset Hinkulaskennan päästöhyvitysten kanssa:

- Tuulivoiman tuotanto sekä kunnan alueella sijaitsevilla voimaloilla että hankintasopimuksien kautta muualla kuin oman kunnan alueella sijaitsevilla voimaloilla,



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

- Aurinkopaneeleilla tuotettu aurinkosähkön määrä,
- Biokaasulla tuotetun sähkön määrä, ja
- Biokaasun tuottaminen muuhun käyttöön.
- Maankäyttösektorin päästövähennykset / nieluja lisäävät toimet.

Turvemaiden orgaanisen aineksen hajoamisen hiilidioksidipäästöt kuuluvat maankäyttösektorille, eivätkä sisälly kuntien kasvihuonekaasupäästöjen Hinku-laskentaan. Turvemaiden CO₂-päästöjä vähentäviä toimia metsä- ja maatalousmailla voidaan kuitenkin hyväksyä laskennassa päästöhyvityksinä. Samoin muut maankäyttösektorin päästöjä vähentävät tai nieluja kasvattavat toimenpiteet voidaan laskea kunnalle päästöhyvityksiksi.

Tuuli- ja aurinkosähkön päästöhyvitysten osalta skenaariossa arvioidaan kapasiteetin määrä (MW) ja biokaasusähkön ja tuotetun biokaasun osalta energiamäärä (GWh) tavoitevuonna. Maankäyttösektorin hyvitystoimien vaikutus tulee arvioida suoraan hiilidioksidiekvivalentteina (tCO_{2e}).



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Lähdeluettelo

- Aakkula, J., Asikainen, A., Kohl, J., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R. & Tuomainen, T. (2019). Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161408/20-2019-MALULU .pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161408/20-2019-MALULU.pdf)
- AFRY (2020). Finnish Energy – Low carbon roadmap, final report. <https://energia.fi/files/5064/Taustaraportti - Finnish Energy Low carbon roadmap.pdf>
- ALas (2020). Kasvihuonekaasupäästöjen alueellinen laskentamalli. Suomen ympäristökeskus. <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Ara (2020). Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Energiatodistusrekisteri. <https://www.energiatodistusrekisteri.fi/>
- Energiateollisuus (2020). Finnish Energy – Low carbon roadmap. https://energia.fi/files/4943/Finnish_Energy_Low_carbon_roadmap_FINAL_2020-06-01.pdf.
- Digiroad (2021). Kansallinen tie- ja katuverkon tietojärjestelmä. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/digiroad>
- Digi- ja väestötietovirasto (2020). Väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistotiedot. Rakennus- ja huoneistorekisteri RHR. Käyttöluvan vaativa tietoaineisto. <https://dvv.fi/kiinteisto-rakennus-ja-paikkatiedot>
- Energiateollisuus (2020). Energia-alan vähähiilisyystiekartta. https://energia.fi/files/4946/Energia-alan_vahahiilisyystiekartta_2020.pdf
- Finlex (416/2019). Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190416>
- Finlex (418/2019). Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190418>
- Finlex (419/2019). Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190419>
- Jylhä, K., Jokisalo, J., Ruosteenoja, K., Pilli-Sihvola, K., Kalamees, T., Seitola, T., Mäkelä, H. M., Hyvönen, R., Laapas, M. & Drebs, A. (2015). Energy demand for the heating and cooling of residential houses in Finland in a changing climate. Energy and Buildings, vol. 99, pp. 104–116. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815002777>
- Kangas, H-L., Vainio, T., Sankelo, P., Vesanen, S. & Karhinen, S. (2020). Suomen korjausrakentamisen strategia 2020–2050 tavoitteiden laskenta ja aineisto. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus SYKE ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <https://www.ym.fi/download/noname/%7BB9249D63-2E21-463D-AAC1-07FAEE3680C3%7D/157750>
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., Honkatukia, J., Karvosenoja, N., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Lindroos, T.J., Regina, K., Salminen, O., Savolahti, M. & Siljander, R. (2017). Energia ja ilmastostrategian vaikutusarviot. Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80906/Energia-%20ja%20ilmastostrategian%20vaikutusarviot.pdf>
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M., Rehunen, A., Saikku, L., Salo, M., Savolahti, M., Tuominen, P. & Vainio, T. (2019). Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161409/24-2019-Pitkan%20aikavalin%20kokonaispaastokehitys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

- Lehtilä, A., Koljonen, T., Laurikko, J., Markkanen, J. & Vainio, T. (2021). Energiajärjestelmän ja kasvihuonekaasujen kehitykset : Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163645>
- LIKES (2019). Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa 2018. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 349. https://www.likes.fi/wp-content/uploads/2020/03/2859-POSK_2018_KEVYT.pdf
- Lounasheimo, J., Karhinen, S., Grönroos, J., Savolainen, H., Forsberg, T., Munther, J., Petäjä, J. & Pesu, J. (2020). Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020.
- LVM (2020). Liikenne- ja viestintäministeriö. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteen 2020–2050. https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUISTIO_20200422120412.pdf
- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. (2021). Hiilineutraali Suomi 2035 – Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163641>
- Mattinen, M., Heljo, J. & Savolahti, M. (2016). Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2016. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/166673/SYKEra_35_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Regina, K. (2020). Luonnonvarakeskus Luke. Maatalouden päästölähteet ja päästöjen vähennyskeinot. Hiilineutraali–webinaari 20.10.2020. PP-esitys. <https://hiilineutraalisuomi.fi/download/noname/%7B0C8F87C3-B266-497E-8F0F-80A6F72E1331%7D/162527>
- Tilastokeskus (2013). Väestöennuste kunnittain 2012–2040. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152438/xvaenk_2012-2040_2013_dig.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tilastokeskus (2021a). Väestöennuste 2021: Väestö iän ja sukupuolen mukaan alueittain, 2019–2040. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vaenn/statfin_vaenn_pxt_139f.px/
- Tilastokeskus (2021b). Liikenteen energiankulutus. https://pxweb2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/statfin_ehk_pxt_12sz.px
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2017). Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030. https://tem.fi/documents/1410877/3570111/Energia-+ja+ilmastostrategian+TAUSTARAPORTTI_1.2.+2017.pdf/d745fe78-02ad-49ab-8fb7-7251107981f7/Energia-+ja+ilmastostrategian+TAUSTARAPORTTI_1.2.+2017.pdf
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2020). Vähähiiliset tiekartat 2035. <https://tem.fi/tiekartat>
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2022). Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia.
- Valtioneuvoston kanslia (2016). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. <https://tem.fi/documents/1410877/3570111/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf>
- VTT (2021a). Tieliikenteen perusennuste 2021. <https://www.lvm.fi/-ennuste-tieliikenteen-paastot-laskevat-hieman-ennakoitua-nopeammin-syyna-sahkoautojen-yleistyminen-1509917>



VTT (2021b). Työkoneiden perusennuste 2021.

<https://cris.vtt.fi/en/publications/ty%C3%B6koneiden-p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6jen-perusennuste-ja-s%C3%A4hk%C3%B6istymisen-vaikutus-p%C3%A4%C3%A4>

VTT ym. (2021). Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI). VTT, Luke, SYKE, THL, PTT. <https://www.hiisi2035.fi/raportit/>

Väylävirasto (2018). Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-57_valtakunnalliset_liikenne-ennusteet_web.pdf

Ympäristöministeriö (2022). Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma: Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa 2035. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:12. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164186>

Ympäristöministeriö (2017). Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030. Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80703/YMra_21_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ympäristöministeriö (1010/2017). Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkaistu-energiamaarays-2017-FD99E48D_F28B_452E_8175_29EA77ABD4CA-133872.pdf/ba52883c-7d38-75dc-a591-c59feed8df73/Julkaistu-energiamaarays-2017-FD99E48D_F28B_452E_8175_29EA77ABD4CA-133872.pdf?t=1603260258561

Ympäristöministeriö (1048/2017). Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkaistu-energiatodistusasetus-2017-ED0F67A6_AF20_4B3F_B191_7311189B65FD-133978.pdf/5616b01b-3eea-ae53-0a79-7d7c3afaa17d/Julkaistu-energiatodistusasetus-2017-ED0F67A6_AF20_4B3F_B191_7311189B65FD-133978.pdf?t=1603260131046



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.