

Kuntien ilmastotoimien vaikutustenarviointityökalu (KILTOVA)

KILTOVA-työkalun laskentaperiaatteet

Lisätietoja:

Santtu Karhinen (kasvihuonekaasupäästöt ja talousvaikutukset), santtu.karhinen@syke.fi

Ismo Entsalo (terveysvaikutukset), ismo.entsalo@syke.fi

1. Johdanto

Tässä menetelmäkuvauksessa esitellään Kuntien ilmastotoimenpiteiden vaikutustenarviointityökalu (KILTOVA), joka on rakennettu Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalun (ALasSken) pohjalle. Vaikutustenarviointityökalussa on samojen toiminnallisuuksien lisäksi myös laajennettu toimenpiteiden vaikutustenarvioita terveys- ja talousvaikutuksiin rakennus- ja liikennesektorin osalta (Taulukko 1). Työkalulla voidaan aiempaa kokonaisvaltaisemmin kuntien tekemien toimien vaikutuksia ja tukea ilmasto-ohjelmien valmistelua.

Suomen ympäristökeskuksen kehittämä ja ylläpitämä kuntien ja alueiden kasvihuonekaasupäästöjen laskentajärjestelmä ALas (ALas, 2020; Lounasheimo ym., 2020) mahdollistaa toimenpiteiden jälkiseurannan yleisellä tasolla. ALas-laskentajärjestelmään perustuvalla Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalulla (ALasSken) voidaan muodostaa kuntien päästöskenaarioita perustuen kunkin kunnan nykyhetken päästötilanteeseen sekä erilaisiin päästöihin vaikuttaviin tekijöihin ja toimenpiteisiin. Työkalulla voidaan arvioida, minkälaisia muutoksia tiettyihin päästövähennystavoitteisiin pääseminen vaatii eri sektoreilla.

Kuntien ilmastotoimenpiteiden vaikutustenarviointityökalulla (KILTOVA) voidaan muodostaa erilaisia päästöskenaarioita perustuen kunkin kunnan nykyhetken päästötilanteeseen ja erilaisiin päästöihin vaikuttaviin tekijöihin sekä toimenpiteisiin. Kunnille määritellyn perusskenaarion mukaiset toimet vaikuttavat KILTOVA-työkalussa, mutta siinä ei ole lisätty uusia perusskenaarioon vaikuttavia toimenpiteitä, vaan ainoastaan olemassa olevien toimenpiteiden vaikutukset esitetään työkalun tulostaulussa.

Työkalu soveltuu erityisesti strategisen tason suunnitteluun, ja voi tukea myös olennaisten toimenpiteiden tunnistamisessa. Skenaariotyökalussa on valmiiksi mallinnettuna toimenpiteen seurauksena vähenevä päästömäärä, minkä vuoksi käyttäjän ei tarvitse itse arvioida absoluuttisia muutoksia. Työkalun käytössä on hyvä huomioida, että vertailemalla toimenpiteitä työkalun sisällä, niiden väliset epävarmuudet tulostasossa ovat pienempiä. Yksittäisten toimenpiteiden tarkastelussa tarkempien arvioiden tekeminen kunnissa ennen toimeenpanoa on välttämätöntä.



Taulukko 1. Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökaluun lisätyt KILTOVA-osiot.

Sektori	Työkalun osio	Talousvaikutukset	Terveyshaitta-kustannukset
Rakennusten energiankulutus	Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen	x	
	Olemassa olevien rakennusten lämmitystapamuutokset	x	
	Uudisrakennusten energiatehokkuus	x	
	Uudisrakennusten lämmitystavat	x	
	Lisälämmitys - puunpoltto		x
Tieliikenne	Ajosuorite		x
	Henkilöautojen käyttövoimat		x
	Linja-autojen käyttövoimat		x
	Pakettiautojen käyttövoimat		x
	Kuorma-autojen käyttövoimat		x

2. Perusskenaario

Tässä Kuntien ilmastotoimien vaikutusarviointi (KILTOVA) -menetelmäkuvauksessa on kuvattu ainoastaan työkalun osiot, joita on laajennettu suhteessa alkuperäiseen Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökaluun (ALasSken). Uusia mallinnuksia on tehty rakennusten energiankulutus ja tieliikenne osioissa (Taulukko 1). Muiden osioiden menetelmät ovat työkalussa tällä hetkellä identtisiä Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalun (ALasSken) kanssa, ja niiden kuvaukset löytyvät sen menetelmäkuvauksesta.

- [Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalun \(ALasSken\) kotisivu \(hiilineutraalisuomi.fi\)](#)
- [Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalun \(ALasSken\) menetelmäkuvaukset v1.1 \(hiilineutraalisuomi.fi, pdf\)](#)

ALasSken-työkalun keskeisenä lähtökohtana skenaariotyöskentelylle on määritellä, 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 päästökaasukehitykselle.

Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalun (ALasSken) menetelmäkuvauksessa kuvataan perusskenaarioiden lähtökohdat ja keskeiset oletukset sektoreittain. Esimerkit on laskettu jaksolle 2020–2030, mutta skenaariotyökalu on käytettävissä niin, että perusskenaarioiden 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 tavoiteskenaarioiden valintojen laskentaperusteet sekä vaihtoehtoja ja esimerkkejä perusskenaariota enemmän päästöjä vähentävistä kehityspoluista ja niihin tarvittavista ilmastotoimenpiteistä.

3. Aluetalousvaikutusten arviointi

Kuntien ilmastotoimien vaikutusarviotyökalun rakennusten energiankulutukseen liittyville päästövähennystoimenpiteille määritettiin alue- ja rakennustyyppikohtaiset investointikustannukset. Kustannustietojen avulla laskettiin toimenpiteiden toteuttamisesta aiheutuvat välittömät ja välilliset työllisyysvaikutukset maakunnan ja kunnan alueella.

Aluetalousvaikutusten laskennan lähtökohtana käytetään maakunnittaisia panos-tuotosaineistoja, jotka kuvaavat aluetalouksien rakenteita vuonna 2014 (Honkatukia ym., 2019). Maakuntien panos-tuotosaineistot sisältävät 30 toimialaa. Panos-tuotolaskennassa tarkastellaan tuotteiden ja palveluiden tuotantotoiminnassa käytettyjen välituotepanosten käytöstä seuraavia toimialakohtaisia *välittömiä* ja *välillisiä* tuotantovaikutuksia, jotka voidaan muuntaa arvonlisäyksiksi ja työllisyysvaikutuksiksi. Näiden lisäksi tässä työkalussa tarkasteluun sisällytettiin maksettujen palkkojen kulutuskysynnän kautta aiheutuvat ns. *tulovaikutukset*.

Välittömät vaikutukset syntyvät suoraan siinä yrityksessä, josta toinen yritys hankkii omassa tuotantotoiminnassaan tarpeellisia tuotantopanoksia. Välittömät vaikutukset eivät kohdistu tarkasteltavalle alueelle, mikäli tuotantopanoksia ei voida hankkia kyseiseltä alueelta, vaan ne joudutaan tuomaan tarkastelualueen ulkopuolelta.

Välilliset vaikutukset kuvaavat alkuperäisestä välittömästä kysyntälisäyksestä liikkeelle lähteneitä taloudellisia vaikutusketjuja. Toisin sanoen, jotta tietylle toimialalle kohdistuva välitön kysyntälisäys voidaan tyydyttää, muiden toimialojen tuotoksia tarvitaan tuotantotoiminnassa välituotteina. Siten syntyy pitkä tavaroita ja palveluita koskeva vaimeneva hankintaketju, joka suuntautuu tuotantojärjestelmässä ns. taaksepäin. Tarkasteltavan alueen koko ja tuotantotoimintojen kytkeytyneisyys vaikuttavat välillisten vaikutusten suuruuteen. Tyypillisesti, tuotantotoiminnan kerrannaisvaikutukset ovat sitä suurempia mitä suurempi tarkasteltava alue on, ja mitä tiheämpi toimialojen välinen riippuvuusverkosto on.

Tulovaikutukset kuvaavat niitä välittömiä ja välillisiä kulutuskysynnän vaikutuksia, joita muodostuu, kun työntekijät käyttävät yrityksen maksamia palkkatuloja alueella tuotettujen hyödykkeiden kulutukseen. Palkkojen maksun seurauksena tarkasteltavan alueen toimialojen tuotoksen kysyntä kasvaa, minkä tyydyttämiseksi tarvitaan lisää tuotantopanoksia. Tulovaikutusten laskennassa maksetuista palkoista ja palkkioista poistetaan verot ja muut veronluonteiset maksut sekä tuloista säästetty osuus. Palkkasummasta osa kohdistuu tarkastelualueella tuotettujen hyödykkeiden kulutukseen, osa muualla Suomessa tuotettujen hyödykkeiden kulutukseen ja loppuosa ulkomailla tuotettujen hyödykkeiden kulutukseen. Aluetaloudellisia vaikutuksia syntyy tarkastelualueella tuotettujen hyödykkeiden kulutuksesta, minkä vuoksi verojen jälkeisestä palkkasummasta lasketaan alueella tuotettujen hyödykkeiden kulutukseen kohdistuva osuus. Tämän palkkasumman käytön oletetaan noudattavan tarkasteltavan vaikutusalueen keskimääräistä kotitalouksien kulutuksen jakaumaa.

Panos-tuotosmalli kuvaa talouden tilannetta tietyssä ajanhetkenä, eli mallin rakenne ei muutu ajassa. Mallin toinen puute liittyy tarjontapuolen rajoitteiden puutteeseen – malli ratkeaa myös niissä tilanteissa, joissa esimerkiksi alueellinen tuotantopanosten tai työn tarjonta eivät todellisuudessa riittäisi kattamaan kasvanutta kysyntää. Tämän vuoksi panos-tuotosmallit eivät sovellu suurten rakenteellisten muutosten tarkasteluun. Sen sijaan tässä selvityksessä kuvattujen investointien talousvaikutusten laskentaan malli soveltuu, koska olemassa oleva työvoima kykenee suorittamaan vaaditut, pääasiassa asennustyöhön liittyvät, työtehtävät.



Koska kaikkia aluetalousmallinnuksessa vaadittuja aineistoja ei ole saatavissa kuntatasolla, joudutaan aluetalousvaikutusten mallinnus toteuttamaan maakuntatason malleilla. Maakuntamallin toimialakohtaiset tulokset kuitenkin alueellistetaan kuntatasolle laskemalla kunnan osuus maakunnan toimialakohtaisesta työllisyydestä, ja allakoimalla maakuntatason tulokset näiden osuuksien mukaisesti maakunnan kuntiin. Toisin sanoen, maakuntamallilla lasketut aluetalousvaikutukset kohdistetaan kuntiin niiden toimialarakenteen erikoistumisen sekä alueen koon mukaisesti. Esimerkiksi, on oletettavaa, että Uudellamaalla tehtävistä öljykattiloiden korvaamisista suuri osa hankitaan Helsingissä, Espoossa ja Vantaalla toimivista maalämpöpumppuja toimittavista ja asentavista yrityksistä.

3.1 Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen

Olemassa olevan rakennuskannan lämmitysenergian kulutusta lähestytään skenaariotyökalussa energiaremonttien toteuttamisen ja niiden laajuuden kautta. 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. ALasSken-työkalun laskennassa otetaan huomioon ilmaston lämpeneminen.

Suppealla energiaremontilla skenaariotyökalussa tarkoitetaan joukkoa energiankulutusta pienentäviä toimia, jotka eivät vaadi merkittäviä rahallisia investointeja. Näitä ovat esimerkiksi lämmitysjärjestelmän säätäminen ja lämpimän käyttöveden säästötoimet (Taulukko 2). Suppealla energiaremontilla saavutettava lämmitysenergian säästö voi vaihdella kohteesta ja remontin sisältämistä toimenpiteistä riippuen hyvinkin paljon. Suuntaa antavaksi energiansäästökseen on asiantuntija-arvioiden pohjalta määritelty **10 prosenttia**.

Taulukko 2. Suppean energiaremontin toimenpiteet.

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

Laaja energiaremontti sisältää käyttöteknisten parannusten ohella esimerkiksi seinien ja ylä- sekä alapohjan lisäeristykseen, ikkunoiden vaihtamisen energiatehokkaammiksi ja lämpöpumppujen asennuksen (Taulukko 3). 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.

Taulukko 3. Laajan energiaremontin toimenpiteet.

	Lämmitysenergian säästö
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 %

Energiaremonttien kustannuslaskenta

Suppeille ja laajoille energiaremonteille määritettiin kustannukset eri talotyypeissä. Suppea energiaremontti sisältää pienimuotoisia ja edullisia remonttitoimenpiteitä, kuten olemassa olevien kohteiden lämmityksen tai käyttöveden säästötoimenpiteitä (Taulukko 2). Laajat remontit sisältävät laajemman kirjon toimenpiteitä, joita ovat muun muassa talon rakenteisiin, ilmanvaihtoon ja lämmön talteenottoon liittyvät kalliimmat toimenpiteet (Taulukko 3). Kerätyistä toimenpiteiden kustannustiedoista muodostettiin remonttityypin lämmitysenergian säästökriteerin mukaisesti remonttikokonaisuuksia, joiden perusteella muodostettiin kustannusarvio keskimääräiselle laajalle ja suppealle energiaremontille.

Kustannustietoja on arvioitu rakennusten keskimääräisen pinta-alan ja huoneistokoon perusteella niiltä osin, kun tarkempia lähteitä kustannustiedoille ei tunnistettu. Pinta-ala ja huoneistotiedot perustuvat Tilastokeskuksen tietoihin (SVT 2021). Keskimääräisen asunnon koossa käytetään lämmitettyä huoneistoalaa. Rakennusten pinta-ala sen sijaan on ilmoitettu kerrosalana, minkä vuoksi luvut on kerrottu arvioidulla nettoalalla (90 %), jotta tuloksena saadaan keskimääräinen lämmitetty nettoala (Laskentaliite 2016). Suppeisiin energiaremontteihin sisältyville infotilaisuuksille ei tässä määritetty kustannusta.

Tilastokeskuksen kyselyn mukaan vuonna 2020 energiaremontti on korjaukseen johtanut syy omakotitaloissa 17 % vastaajista, rivitaloissa 3 %:lla vastaajista ja kerrostaloissa 7 %:lla vastaajista (SVT 2020a). Selkeästi tyypillisin syy on rakennuksen normaali vanheneminen (60–77 %) tai kulumisen sekä laatu- tai varustetason parantaminen (25–33 %). Energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet tapahtuvat tyypillisesti muiden korjaustoimenpiteiden ohessa. Energiaremonteilla saavutettava hyöty riippuu korjattavan rakennuksen lähtötilanteesta. Vanhaan rakennuskantaan kohdistuvat energiatehokkuuden parannustoimet tuottavat suurempia hyötyjä kustannustehokkaammin verrattuna uudempiin rakennuksiin, joissa lähtötaso on parempi. Yllä mainittuja seikkoja ei ole suoraan huomioitu laskennassa.

Rakennustyyppien taustatiedot:

Eri talotyypeille määritettiin keskimääräinen rakennuksen koko rakennusten kerrosalan ja rakennusten lukumäärän perusteella (SVT 2020b). Osa kustannuksista määritettiin huoneistojen määrän perusteella erityisesti niissä tapauksissa, kun suoria lähteitä rakennustyyppien kustannuksille ei ollut tiedossa. Keskimääräisen huoneiston kokona eri talotyypeittäin eroteltuna käytettiin vuoden 2020 koko rakennuskannan (1970–2020) lukua (SVT 2021).

Taulukko 4. Pinta-ala huoneistoa kohti (m²) talotyyppin mukaan 2020, koko asuntokanta (SVT 2020a).

	Huoneiston lämmitetty ala	Keskimääräinen huoneistomäärä
Pientalot	112,8 m ²	1
Rivitalot	71,3 m ²	5,5
Asuinkerrostalot	55,5 m ²	26,7
Muut rakennukset	-	Käytetty rakennuksen keskikokoa kustannusarvioissa (7x pientaloa suurempi)

Remonttitoimenpiteiden kustannukset on määritetty pien-, rivi-, kerrostaloille sekä muille rakennuksille. Muut rakennukset pitävät sisällään kaikki muut rakennukset, joista suuri osa ei ole asumiseen tarkoitettuja. Korjausrakentamisen kustannuksia kartoitettiin eri remonttitoimenpiteille, jotka oli aiemmin määritetty ALasSkenissä suppeille sekä laajoille remonteille, ja niille oli määritetty myös saavutettu lämmitysenergian säästö toimenpiteellä, joita noudatettiin myös keskiarvoisten kustannusten määrittämisessä. Laskennassa käytettiin lämmitysenergian säästön vaihteluvälin keskipistettä.

Käytetyt kustannusarvot

Korjausrakentamisen kustannuksia kartoitettiin eri lähteistä todellisista remonttiesimerkeistä. Työkulun lähtötietojen arvot on muodostettu eri lähteistä kerättyjen kustannusten keskiarvosta. Lähteenä toimi asuinkerrostalojen ja rivitalojen osalta muun muassa Talonyhtiön energiakirja ja kerrostalo- sekä toimistorakennusten osalta FinZeb raportti (Virta & Pylsy 2011; Reinikainen ym. 2015). Tietoja täydennettiin muun muassa tarjouspyyntöpalvelu Kodinplaza.fi:n (Kodinplaza 2021) toteutuneilla remonttitiedoilla ja sivuston tiedoilla keskimääräisistä remonttityypeistä sekä suomirakentaa.fi -rakennuslaskurin (Rakennustutkimus RTS Oy 2021) tiedoilla.

Kustannukset on suhteutettu Tilastokeskuksen tietoihin perustuviin keskimääräisiin talokokoihin. Esimerkiksi lähteissä kerrostalon koko saattoi olla 40 asuntoa, jolloin kustannus on suhteutettu tässä käytetyn keskimääräisen kerrostalon huoneistokokoon ja määrään (Taulukko 4). Kaikille talotyyppille ei löytynyt suoraan kustannustietoja, minkä vuoksi tietoja arvioitiin tunnetun lähtöarvon perusteella. Osassa tapauksia on käytetty huoneistomääräisiä arvioita ja osassa on käytetty neliömetriperusteista hintaa, talotyyppin pinta-alaa sekä huoneistomäärää arvion muodostamisessa. Suppeissa remonteissa ei tehty arviota infotilaisuuksien kustannuksista, eikä sitä huomioitu keskiarvon määrittelyssä.

Kustannusarvoissa ei ole tässä suoraan huomioitu elinkaarisia tekijöitä, kuten laitteen huollosta tai kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia. Osassa remonttitoimenpiteitä kustannusarvot on muodostettu vaillinaiselta tietopohjalta joillekin rakennusluokille. Erityisesti 'muiden rakennusten' kategoriassa tiedot ovat laskennallisesti johdettuja muiden rakennustyyppien perusteella.



Keskimääräisten kustannusten määrittäminen

Yksittäisistä erityyppisistä remonttitoimenpiteistä on muodostettu 30 eri remonttilyhdistelmää, joissa olevilla remonttitoimenpiteillä saavutetaan keskimäärin yli 50 % energiansäästö. Käytännössä eri yhdistelmissä painottuvat tehokkaimmat toimenpiteet eli ilmalämpöpumput ja poistoilmalämpöpumput, joita ilman 50 % energiansäästöä on hankala saavuttaa, tai se vaatii huomattavan määrän muita toimenpiteitä. Suppeissa remonteissa toimenpiteitä on vähemmän ja sitä kautta remonttikokonaisuuksien vaihtoehtoja, joilla saavutetaan 10 % energiansäästö muodostettiin viisi kappaletta.

Laajojen remonttien kokonaisuusvaihtoehdoissa 46 %:ssa on ILP-ratkaisu ja 43 %:ssa on PILP-ratkaisu. Remonttikokonaisuuksien energiansäästön vaihteluväli on 48,5–53,5 %, ja niiden energiansäästön keskiarvo on 50,8 %. Jos remonttikeskiaarvoista poimitaan vain tehokkaimpia eli ILP- ja PILP ratkaisuja sisältävät toimenpiteet, kustannukset olisivat pientalojen kohdalla noin 12 % ja muiden rakennustyyppien kohdalla noin 14 % pienempiä kuin ottamalla huomioon kaikki toimenpiteet.

Yksittäisten remonttitoimenpiteiden kustannuksista on muodostettu remonttikokonaisuuksia. Näiden yksittäisten remonttikokonaisuuksien keskiarvojen kautta on muodostettu sekä suppealle että laajalle remontille kustannusarvio. Keskiarvon muodostavat remonttikokonaisuudet on allokoitu eri ryhmiin, jotta nähdään keskimääräisen remontin toimenpidejakauma. Tämän kautta voidaan arvioida myös sitä, millä tavalla tuotteet ja työt allokoidaan eri ryhmiin aluetalousvaikutusten selvittämiseksi.

Taulukko 5. Suppean ja laajan energiaremontin kustannusarvio.

	Pientalot	Rivitalot	Asuinkerrostalot	Muut rakennukset
Suppea energiaremontti	2 300 € 21,4 €/m ²	6 100 € 17,3 €/m ²	21 800 € 14,7 €/m ²	7 400 € 10,4 €/m ²
Laaja energiaremontti	20 000 € 178 €/m ²	81 700 € 210 €/m ²	277 500 € 187 €/m ²	127 600 € 161 €/m ²

3.2. Olemassa olevien rakennusten lämmitystapamuutokset

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 vaihtoehtoiksi lämpöpumppeja (sis. maalämpöpumput (50 %), ilma-vesilämpöpumput (50 %)) ja muut energiatehokkuudeltaan maalämpöön verrattavat sähkölämmitysratkaisut) tai kaukolämpöä. Kaukolämmitys on puolestaan mahdollista vaihtaa maalämpöön (Karhinen & Lounasheimo 2023)

Olemassa olevan rakennuskannan lämmitystapamuutoksille määritettiin kustannusarviot eri talotyypeissä. ALasSken-työkalun mukaisesti lämmitystapamuutoksia tarkasteltiin erikseen pien-, rivi- ja kerrostaloissa sekä muissa ei-asuinrakennuksissa, joissa alkuperäinen lämmitystapa oli joko öljylämmitys, sähkölämmitys tai kaukolämpö.



Maalämpöpumppujen hankintakustannukset jaetaan kolmeen osaan: laitteistoon, pumpun asennustyöhön ja porakaivon poraukseen. Ensiksi arvioitiin alue- (r) ja rakennustyyppikohtaiset (k) lämmön ominaiskulutukset sekä lämmitysjärjestelmän tehontarve P_r^k . Rakentamismääräyskokoelman mukaisesti Suomen neljälle säävyöhykkeelle määriteltiin omat lämmön ominaiskulutuskertoimet s_r , minkä lisäksi tehontarpeen laskennassa huomioidaan aluekohtaisen rakennuskannan keski-ikä a^k . Maalämpöpumppujen tehontarve laskettiin seuraavasti:

$$P_r^k = v_r^k * s_r * a^k,$$

missä v_r^k on rakennustyyppin k keskimääräinen tilavuus alueella r ja a^k on rakennustyyppin k keskimääräinen rakennusvuosikymmenen alueella r . Rakennustyyppikohtaiset tilavuudet arvioitiin Tilastokeskuksen rakennuskantatilaston kerrosalatietojen sekä rakennus- ja huoneistorekisterin keskimääräisten rakennustyyppikohtaisten kerroskorkeustietojen perusteella. Keskimääräiset rakennusvuosikymmenet laskettiin Tilastokeskuksen rakennuskantatilastosta. Maalämpökaivojen syvyudet laskettiin erikseen jokaiselle rakennustyyppille sekä alueelle edellä mainittujen tietojen sekä aluekohtaisten maaperän lämpöominaisuustietojen perusteella (kWh/metri).

Laitteiston tehoyksikkökohtaisen hankintakustannuksen oletetaan laskevan laitteiston kokonaistehon suhteessa: laitteistokustannus on 676 €/kW, kun laitteiston teho on 7 kW, ja laskee lineaarisesti 355 €/kW, kun laitteiston teho on vähintään 30 kW, minkä jälkeen lisätehoyksiköiden hinta on vakio 355 €/kW (perustuu eri toimittajien hintatietoihin). Laitteistot tuodaan Suomen ulkopuolelta, mutta maakuntaan kohdistuu 20 % jälleenmyyntikate. Porauksen kustannukset laskettiin olettaen kiinteä metrikohtainen kustannus 30 euroa/metri. Poraus hankitaan täysimääräisesti maakunnasta. Täysimääräisesti alueelta hankittavan asennustyön kustannukseksi oletettiin kiinteä 571 €/kW. Vanhan öljylämmityslaitteiston purku- ja kierrätyskustannuksiksi oletettiin 1562 euroa. Alueesta riippuen keskimääräinen investointikustannus on 101–138 euroa / km².

Ilma-vesilämpöpumppuasennukset (VILP) koostuivat laitteiston hankinnasta (20 % jälleenmyyntikate alueelle), asennustyöstä (koko työ alueelle) ja vanhan öljylämmityslaitteiston purusta (koko työ alueelle). Ilma-vesilämpöpumppujen investointikustannukset olivat 83–95 euroa / km². Kaukolämpöön siirtymiseen liittyy liittymiskustannus ja asennustyöt sekä vanhan öljylämmityslaitteiston purku. Koko investointikustannuksen oletetaan jäävän alueelle, ja kustannus on 57–66 euroa / km² alueesta riippuen.

Samat investointikulut, pois lukien vanhan öljylämmityslaitteiston purkukulut, oletettiin siirryttäessä sähkölämmityksestä kaukolämpöön tai lämpöpumppuihin sekä siirryttäessä kaukolämmöstä lämpöpumppuihin.

3.3 Uudisrakennusten energiatehokkuus

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 6).

- Kuinka suuri osa määräystasoa energiatehokkaammin rakennettavista toteutetaan paljon määräystasoa paremmin siten, että lämmitysenergian kulutus on yksi kolmasosa siitä, mitä määräystasolla keskimäärin (66 % energiatehokkaampi)

Taulukko 6. Uudisrakennusten lämmitysenergian ominaiskulutus (kWh/m²) eri energiatehokkuustasoilla skenaariotyökalussa. Rakennusten maantieteellisestä sijainnista johtuvaa lämmitystarpeen vaihtelua ei ole laskennassa otettu huomioon.

	Määräystaso (kWh/m²/a)	Paljon paremmat (-66 %) (kWh/m²/a)	Hieman paremmat (-33 %) (kWh/m²/a)
Pientalot	115	38	77
Rivitalot	109	36	73
Asuinkerrostalot	66	22	44
Muut rakennukset	82	27	54

Rakennusmääräyksiä energiatehokkaammalle rakentamiselle on määritetty keskimääräiset kustannustiedot eri rakennustyypeissä. Kustannustiedot perustuvat eri lähteiden kustannustiedoista muodostettuihin keskiarvoisiin kustannuksiin, jotka on vakioitu yksikköön euroa per neliö (€/m²). Kustannustiedot on suhteutettu energiansäästön perusteella ALasken-työkalussa käytettyihin 'hieman paremmat' (33 % rakennusmääräyksiä energiatehokkaampi) ja 'paljon paremmat' (66 % rakennusmääräyksiä energiatehokkaampi) kategorioihin.

Tyypillisesti käytetyissä lähteissä kustannusnousu energiatehokkaamman rakentamisen seurauksena on ilmoitettu prosentuaalisena lisäyksenä kokonaisrakennuskustannuksiin. Pientaloille hieman rakennusmääräyksiä energiatehokkaamman rakentamisen kustannukset ovat arviolta 1–5 % (Energiatehokas koti 2020; Lylykangas ym. 2015; Rajala ym. 2010) ja paljon rakennusmääräyksiä energiatehokkaamman rakentamisen kustannukset noin 5–10 % (Kouhia ym. 2013; Lylykangas ym. 2015; Sarja 2009; Rakentajan ekolaskuri 2021, Energiatehokas koti 2020). Pientalojen keskimääräisenä rakentamiskustannuksena on käytetty 2320 €/m² (Pientaloteollisuus 2022) ja kerrostalojen 3602 €/m² (ARA 2022).

Kerrostalarakentamisessa energiatehokkaan rakentamisen kustannukset ovat pientaloihin verrattuna pienempiä (Pesola ym. 2011). Rakennuskustannukset ja energiatehokkaamman rakentamisen kustannukset vaihtelevat talotyypeittäin. Lisäksi rakennuskustannukset vaihtelevat eri puolilla maata. Luokalle 'muut rakennukset' määritettiin rakennuskustannukset kerrostalarakentamisen mukaan, koska sen rakennuselementtien arvioitiin olevan lähimpänä 'kerrostalo'-luokkaa. Vastaavasti 'rivitaloille' käytettiin 'pientalojen' kustannusarviota.

Taulukko 7. Uudisrakennusten energiatehokkuus- osiossa käytetyt kustannustiedot.

	Hieman parempi (33 % energiatehokkaampi)	Paljon parempi (66 % energiatehokkaampi)
Pientalo	87 €/m ²	166 €/m ²
Rivitalo	87 €/m ²	166 €/m ²
Kerrostalo	37 €/m ²	96 €/m ²
Muut rakennukset	37 €/m ²	96 €/m ²



3.4. Uudisrakennusten lämmitystavat

Työkalussa uudisrakennusten lämmitystavoiksi voi valita joko kaukolämmön tai lämpöpumpun (sis. maalämpöpumpun, ilma-vesilämpöpumpun ja muut energiatehokkuudeltaan maalämpöön verrattavat sähkölämmitysratkaisut).

Samat lämmitystapojen investointikulut, pois lukien vanhan öljylämmityslaitteiston purkukulut, oletettiin uudisrakennuksille kuin kohdassa 3.2 olemassa olevien rakennusten lämmitystavavaihtoissa.

4. Terveyshaittakustannusten arviointimenetelmät

Ilmansaasteet vaikuttavat haitallisesti ihmisten terveyteen ja ympäristöön. Näiden negatiivisten vaikutusten rahallista arvoa ihmisille ja yhteiskunnalle voidaan arvioida eri menetelmillä. Merkittävimpiä ilman epäpuhtauksista aiheutuvia haittakustannuksia ovat terveysvaikutuksiin liittyvät kustannukset.

Kuntien ilmastotoimien vaikutustenarviointi (KILTOVA)-työkalun pienhiukkasten päästöarvioiden pohja on IHKU (Ilmansaasteiden Haittakustannus) -projektin aikana tehdyssä IHKU-työkalussa ja sen puitteissa kehitetyssä haittakustannusmallissa. KILTOVA-työkalussa on määritetty haittakustannukset sekä liikenteestä että puun pienpoltosta syntyville pienhiukkasille, mitkä ovat suurimmat pienhiukkasten kotimaiset lähteet.

Haittakustannusarvioissa on mukana sekä yhteiskunnalle koituvia kustannuksia, kuten sairaanhoitokuluja ja menetettyjä työpäiviä, että elämänlaadun heikkenemisen tai ennenaikaisen kuoleman arvottamiseen liittyviä kustannuksia. Merkittävimmät kustannukset liittyvät kuolleisuuden kasvuun, ja oletus ihmiselämän rahallisesta arvosta määrittää pitkälti haittakustannusten suuruusluokan. Arviot ilmansaasteiden terveyshaittoista perustuvat ennen kaikkea epidemiologisiin tutkimuksiin, joista on johdettu altiste-vastesuhteita eri terveyshaittoille. Ilmansaastepitoisuuksien kasvaessa myös riski terveyshaittoihin kasvaa. Haittakustannusten taustalla työkalussa on kuolleisuuden, sairaalahoidon tarpeen, keuhkoputkentulehduksen, sairauspoissaolojen sekä toimintakyvyn aleneminen. (SYKE 2020)

Pienhiukkasten haittakustannusten lähtövuotena ovat vuoden 2019 päästöt. Mallinnetut pienhiukkaspitoisuudet on sijoitettu kartalle 250 m x 250 m hilaruudukkoon. Perustilanteeseen on simuloitu muutoksia päästöissä, joissa päästöjen leviämismallinnuksen avulla on arvioitu tietyllä päästösektorilla (esim. tieliikenne) tapahtuvan, yhden päästöyksikön muutoksen vaikutus hengitysilman pienhiukkaspitoisuuksiin. Pitoisuusmuutoksia on verrattu väestötietoihin, joista on laskettu aiheutuvat terveysvaikutukset ja kustannukset. Arvottamalla rahallisesti myös vähennystoimista seuraavia hyötyjä on mahdollista tehdä suuntaa antavia kustannus-hyötyanalyyskejä ilmanlaatuun vaikuttaville toimenpiteille. Vaikka Suomessa ilmanlaatu on pääosin hyvä, on ilmansaastepäästöihin puuttamalla mahdollista saavuttaa merkittäviä hyötyjä. (Savolahti ym. 2019)

Terveyshaittakustannukset on laskettu käyttäen ennenaikaiselle kuolemalle kustannusarvoa. Ennenaikainen kuolema on terveyshaittojen kustannusarvion osalta selvästi merkittävämpi tekijä kuin sairastumiset. Siitä aiheutuvat kustannukset ovat kuitenkin ns. arvotettuja kustannuksia, joita voi ajatella elämänlaadun alenemisena suorien talousvaikutusten sijaan. Haittakustannuslaskelmien taustalla käytetään yhteispohjoismaalaista arvoa elämän tilastolliselle arvolle (engl. value of a statistical life, VSL), joka on 3,6 miljoonaa euroa. (SYKE 2020)

Ilmansaasteiden haittakustannukset on jaoteltu kuntien koon mukaisesti. Liikenteestä tuleva primääristen PM2.5-hiukkasten väestöaltistus on mallinnettu erikseen kaikille yli 50 000 asukkaan



kunnille. Pienemmät kunnat on jaettu väkiluvun perusteella kolmeen luokkaan, jotka ovat 0–9 999, 10 000–29 999 ja 30 000–49 999 asukasta. Näille kunnille tehdyt mallinnukset ovat kyseisten luokkien keskiarvoja. (SYKE 2020)

IHKU-malliin perustuvissa haittakustannuksissa on tärkeää huomioida, että ilmansaasteiden päästöistä aiheutuu ulkoiskustannuksia, joita työkalu ei sisällä, kuten:

- Ilmastonmuutos
- Typpidioksidin ja alailmakehän otsonin vaikutus terveyteen
- Otsonin vaikutus satokasveihin
- Happamoittavan ja rehevöittävän laskeuman vaikutus ekosysteemeihin ja biodiversiteetin heikkenemiseen
- Happamoittavan laskeuman aiheuttamat materiaalivahingot
- Ilmansaasteiden aiheuttama materiaalien likaantuminen

Pienhiukkasten vaikutusten tarkastelu ulottuu 10–20 km etäisyydelle päästölähteistä. Tarkastelu ei sisällä kaukokulkeutuvien tai kunnan ulkopuolisten päästöjen terveysvaikutuksia.

- Lisätietoja [IHKU-hankkeen sivuilta](#).

4.1. Lisälämmitys puulla

Puulla tehtävän lisälämmityksen muutosta voi tarkastella KILTOVA-työkalussa 'Lisälämmitys puulla'-osiossa. Puun pienpoltosta syntyy sekä kasvihuonekaasu- että ilmansaastepäästöjä, ja se on Suomessa merkittävä PM_{2,5}-hiukkasten päästölähde. Puun pienpolton ilmanlaatua heikentävä vaikutus on tyypillisesti suurin tiiviissä pientalovaltaisessa taajamassa.

Puun pienpolton kasvihuonekaasupäästöjä ei erotella ALas-laskennassa, jossa puu biopoltoaineena on hiilidioksidin osalta nollapäästöistä. Kuntien vaikutusarviointityökalun tarkastelussa puun pienpolto aiheuttaa pienhiukkaspäästöjä, mikä vaikuttaa altistuvalla populaatiolla terveyshaittakustannuksia. Tuloksia tulkittaessa on hyvä huomioida, että puunpolto aiheuttaa todellisuudessa myös kasvihuonekaasupäästöjä.

Lisäksi puunkäyttö lisälämmityksenä vaikuttaa rakennusten energiankäyttöön lämmitystarvetta vähentävänä muuttujana, joka on mallinnettu työkaluun. Puunkäytön lisälämmityksen ja puunpolton päälämmityksen suhde on jätetty pois tarkastelusta. Myös kaasulämmityksen osuus on käytännössä niin pieni, että se jätettiin pois tarkastelusta. Lämpöpumppujen prosenttiosuus on se kaukolämpöverkkoon lämpöpumpuilla tuotetun lämpöenergian määrä, jossa huomioidaan myös hukka- ja ympäristölämmöt.

Polttopuun vuosittaisen kulutuksen ja sen aiheuttamien PM_{2,5}-päästöjen tiedot kunnille on poimittu SYKE:n FRES-mallista. Suomen alueellinen päästöskenaariomalli (FRES –Finnish Regional Emission Scenario model, Karvosenoja 2008) on kehitetty tuottamaan tietoa ilmansaastepäästöjen arvioimiseen ja niiden vähentämismahdollisuuksiin Suomessa, ja sillä voidaan tehdä nykytilan kartoitusta sekä tulevaisuuden skenaarioita. Työkalussa puun pienpolttotarkasteluissa laitekannan kehittyminen sisältyy sekä vuoden 2030 että 2050 arvioihin. Vuosien 2019–2030 väliset vuodet on interpoloitu lineaarisesti samoin kuin vuodet 2030–2050.

Rakennuskannasta on poimittu jokaiselle kunnalle pientalojen tiedot energiankäytöstä jaoteltuna lämmitystavan (kauko- ja aluelämpö, sähkölämmitys, maalämpö, kevyt polttoöljy) mukaan. Lisäksi laskennassa painotetaan energiankulutus polttoaineen primäärienergiakertoimen perusteella. Suomen rakennusmääräyskokoelma D5:n mukaan puunpolton primäärienergiasta 60 % voidaan laskea kiinteistön lämmitysenergiaksi. Arviota on käytetty laskennassa maalämmölle, sähkölämmitykselle sekä kauko- ja aluelämmölle. Öljylämmitykselle kerroin on 1,0. Tämän jälkeen puunkäytökyselystä (Paunu ym. 2013) johdetaan kerroin puulisälämmityksen vaikutuksista



päälämmitykseen. Kulutettavan energian muutos lasketaan allokoimalla lisälämmityksen määrä kunnan energijakauman mukaan polttoainetyypeittäin.

Puunpolton seurauksena syntyvien PM2,5-hiukkasten aiheuttamat terveyshaittakustannukset mallinnetaan KuntaIHKU-hankkeessa luoduilla yksikkökustannuskertoimilla euromääräisiksi kustannuksiksi kunnan koon mukaan ja erikseen yli 50 000 asukkaan kunnille.

4.2. Tieliikenne

Tieliikenteen perusskenaarion oletukset ja taustatiedot on esitelty Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalun (ALasSken) [menetelmäkuvauksessa \(hiilineutraalisuomi.fi, pdf\)](#).

Skenaarioissa voidaan tarkastella useiden eri henkilöautojen liikennesuoritteeseen vaikuttavia tekijöitä sekä vaihdella myös muiden ajoneuvotyyppien ajosuoritetta perusskenaarion mukaisista oletuksista. Tähän Kuntien ilmastotoimenpiteiden vaikutustenarviointityökaluun on mallinnettu liikenteen aiheuttamat pienhiukkaspäästöt sekä niiden aiheuttamat terveyshaittakustannukset, jotka ovat sidottuja ajoneuvotyyppiin sekä suoritteeseen. Pienhiukkaspäästöt sisältävät sekä pakokaasu- että katupölypäästöt. Suoritteita muuttamalla laskevat sekä pakokaasu että katupölypäästöt.

Myös ajoneuvotyyppien käyttövoimajakaumaa 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 (Karhinen & Lounasheimo 2023).

Työkalussa ajoneuvotyyppien käyttövoimajakauman muutos vaikuttaa syntyviin pakokaasupäästöihin. 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. Työkalussa terveyshaittakustannukset sisältävät päästöt sekä pakokaasuista että katupölystä. Katupölypäästöt ovat kaikissa autoluokissa pakokaasupäästöjä merkittävämpiä, ja pakokaasujen osuus päästöistä vähenee lähes nollaan vuoteen 2050 mennessä. On hyvä huomata, että käyttövoimia muuttaessa katupölypäästöt eivät muutu, koska suorite ei muutu.

Työkalussa määritellään pakokaasu- ja pölypäästöt henkilö- ja pakettiautoille sekä rekoille ja linja-autoille muodossa milligrammaa per ajettu kilometri. Linja-autoille on määritetty altistevastekertoimet ja haittakustannukset erikseen katu- ja tiekäyttöön, koska ne on eroteltu työkalun logiikassa. Katuliikenne aiheuttaa suurempaa altistumista, koska suorite tapahtuu lähellä tiheämpää asutusta. Kaksipyöräisille ajoneuvoille määritetään pakokaasupäästöt, mutta ei pölypäästöjä.

Ajosuoritteet määritettiin polttoaineen käytön (PJ) kautta energiankulutuksen muutuskertoimen avulla (km/PJ). Terveystaitakustannukset määritetään kokonaispäästöjen kautta, jotka sisältävät



pakokaasu- sekä pölypäästöt eri autotyypeille. Lisäksi IHKU-hankkeessa määriteltiin eri kunnille omat haittakustannuskertoimensa, joiden perusteella alueelliset erot huomioidaan. Pienhiukkaspäästöjen pohjalta ja altiste-vasteiden perusteella lasketaan syntyvät terveyshaittakustannukset euromääräisenä luvussa 4 kuvatulla tavalla. Laskennassa huomioidaan koko kunnan alueen liikenne, ei pelkästään katuverkosto. Tulokset esitetään työkalussa PM_{2,5} päästötonneina sekä haittakustannukset euromääräisinä.

Mallinnuksen lähtötiedot perustuvat WAM2016 skenaarioon. Pienhiukkasten aiheuttamille terveyshaittakustannuksille on muodostettu vuosittaiset skenaariot vuosille 2020–2050. Haittakustannukset on mallinnettu lineaarisesti vuosille 2020–2030 ja vuoden 2030 jälkeen haittakustannukset säilyttävät saman tason vuoteen 2050 asti. Luvut laskettiin IHKU-laskurin mukaisesti suurimmille kaupungeille erikseen ja pienemmille kunnille kappaleessa 4 kuvatun luokittelun mukaisesti.

5. Työkalun muut osiot

Muiden osioiden menetelmät ovat työkalussa tällä hetkellä identtisiä Kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalun (ALasSken) kanssa, ja niiden kuvaukset löytyvät sen menetelmäkuvauksesta.

- [Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalun \(ALasSken\) menetelmäkuvaus v1.1 \(hiilineutraalisuomi.fi, pdf\)](#)

Lähdeluettelo

- ALas (2020). Kasvihuonekaasupäästöjen alueellinen laskentamalli. Suomen ympäristökeskus.
<https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- ARA 2022. ARA-tuotannon vuositilasto. Tilastoja ja selvityksiä ARA-tuotannosta.
https://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki/Tilastot_ja_selvitykset/ARAtuotanto
- Passiivitalo.https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/passiivitalo
- Energiatehokas koti. 2020. Kustannukset ja kannattavuus.
https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/kustannukset_ja_kannattavuus
- Finsolar 2021. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus.
<https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>
- Honkatukia, J., Lehtomaa, J., Alimov, N., Huovari, J. & Ruuskanen, O.-P. (2019). Alueellisen taloustiedon tietokanta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:41.
- Karhinen, S. & Lounasheimo, J. (2023). Kuntien kasvihuonekaasupäästövähennysten skenaariotyökalu. ALasSken-mallin laskentaperiaatteet. Hiilineutraalisuomi.fi
https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Paastot_ja_indikaattorit/Kuntien_paastojen_skenaariotyokalu
- Kouhia, I., Nieminen, J. & Holopainen, R. 2013. Paroc-passiivitalo– kylmän ilmaston energiaratkaisu. VTT Technology 78. VTT. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2013/T78.pdf>
- Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalu. 2021. SYKE: <https://skenaario.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Kiinteistöliitto. 2017. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa (PILP). <https://www.kiinteistoliitto.fi/media/2342/pilp-ohje.pdf>
- Kodinplaza 2021. <https://kodinplaza.fi/>. Vierailtu 21.9.2021.
- KuntalHKU-laskuri. 2021. IHKU-haittakustannuslaskuri kunnille. SYKE.
<https://ihkulaskuri.netlify.app/>
- Kuusi, T., Pohjola, J., Kaskinen, T., Kaitila, V., Karhinen, S., Kauhanen, A., ... & Suikkanen, H. (2021). Vihreät toimet: ilmastopolitiikan vaikutuksia työllisyyteen.
- Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen ”rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä”. 2016. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Laskentaliite-perustelumui-oon-E6B413C1_DAB5_4433_9D0F_F4C81AC6EF00-31398.pdf/f164dac1-dc55-9704-633b-eb00e9261279/Las-kentaliite-perustelumui-oon-E6B413C1_DAB5_4433_9D0F_F4C81AC6EF00-31398.pdf?t=1603260192116
- Lounasheimo, J., Hämäläinen, I., Nissinen, A., & Seppälä, J. (2019). Työkaluja kaupunkien ilmasto-ohjelmien vaikutusten arviointeihin. <http://hdl.handle.net/10138/308503>
- 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.
- Lylykangas K., Andersson, A., Kiuru, J., Nieminen, J. & Päätaalo, J. 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus: Opas.
https://www.rt.fi/globalassets/opaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf
- Nykänen, V., Lahti, P., Knuuti, A., Hasu, E., Staffans, A., Kurvinen, A., Niemi, O. & Virta, J. 2013. Asuntoyhtiöiden uudistava korjaustoiminta ja lisärakentaminen. VTT technology 97.
https://www.tam-pere.fi/liitteet/a/6L7w4cV7k/apremodel_loppuraportti181013.pdf
- Paunu, V. V., Karvosenoja, N., Savolahti, M., & Kupiainen, K. (2013, September). High quality spatial model for residential wood combustion emissions. In Proceedings of the 16th IUAPPA World Clean Air Congress, Cape Town, South Africa (Vol. 4, p. 11).



- Pesola, A., Vehviläinen, I. & Virtanen, E. 2011. Energiaskenaarioiden järjestelmävaikutukset rakennuskantaan. Loppuraportti. ARA. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 1/2011.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41566/ARARA_1_2011_Energiaskenaarioiden_jarjestelmavai-kutukset_rakennuskantaan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rajala, P., Hirvonen, H., Perttula, S., Lähde, E., Pulkka, P., Jarmala, L., Laukkanen, J., Patronen, J., Jokinen, M., Rintala, T., Rajakallio, K., & Kauppinen, T. 2010: Energiatohokkuus kaavoituksessa. –Sitra, Helsinki.
- Rakennustutkimus RTS Oy. 2021. <https://www.suomirakentaa.fi/kustannuslaskurit/>
- Reinikainen, E., Loisa, L. & Tyni, A. 2015. FinZEB-hanke. Lähes nollaenergiarakennuksen käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla. Loppuraportti. Granlund Oy.
https://www.talteka.fi/sites/de-fault/files/file_attachments/finzeb_loppuraportti.pdf
- Sarja, A. 2009. Matalaenergiarakennukset – Asuinrakennukset. Powerpoint-esitys. RIL 249-2009 sisällön esittely.
https://www.ril.fi/media/files/matala_as.pdf
- Savolahti, M., Kangas, L., Karppinen, A., Karvosenoja, N., Kukkonen, J., Lanki, T., ... & Tiittanen, P. (2018). Ilmansaasteiden haittakustannusmalli Suomelle (IHKU). <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-530-3>
- SVT 2020a. Suomen virallinen tilasto. Korjausrakentaminen. Taulukko: Asuntojen ja omakotitalojen korjauksiin johtaneet syyt, prosenttiosuus vastanneista, 2016-2020. Tilastokeskus.
https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rak__kora/stat-fin_kora_pxt_12ig.px/table/table-ViewLayout1
- SVT 2020b. Suomen virallinen tilasto. Rakennukset ja kesämökit. Taulukko: Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2020. Tilastokeskus.
https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_116h.px/
- SVT 2021. Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot. ISSN=1798-6745. 2020, Liitetaulukko 3. Pinta-ala huoneistoa kohti (m²) asunnon talotyyppin mukaan 1970-2020, koko asuntokanta (Korjaus 10.8.2021). Helsinki: Tilastokeskus. Saantitapa:
http://www.stat.fi/til/asas/2020/asas_2020_2021-05-20_tau_003_fi.html
- Rakennustutkimus RTS Oy. 2021. <https://www.suomirakentaa.fi/kustannuslaskurit/>
- SYKE 2020. Kuntakohtaiset haittakustannukset. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Ilmansaasteiden_haittakustannusmalli_Suomelle_IHKU/Kuntakohtaiset_haittakustannukset
- Syke 2022. Ilmansaasteiden haittakustannusmalli Suomelle (IHKU).
<https://www.syke.fi/hankkeet/ihku>
- Virta, J & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan kustannus.
https://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja

