

Jani Haapaniemi

**TALOTEKNIIKKAJÄRJESTELMIEN VAIKUTUS RAKENNUKSEN
HIILINEUTRAALISUUTEEN**

TALOTEKNIIKKAJÄRJESTELMIEN VAIKUTUS RAKENNUKSEN HIILINEUTRAALISUUTEEN

Jani Haapaniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Jani Haapaniemi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Talotekniikkajärjestelmien vaikutus rakennuksen hiilineutraalisuuteen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Impact of HVAC Systems to Building's Carbon Neutrality

Työn ohjaaja: Tomi Jäävirta

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 28

Työn aiheena on hiilineutraalisuus talotekniikassa. Työssä käsitellään taloteknisistä järjestelmistä syntyviä hiilidioksidipäästöjä rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Työn tavoitteena on luoda käsitys talotekniikan vaikutuksesta rakennuksen hiilineutraalisuuteen.

Työssä keskitytään rakennuksen elinkaaren tuotanto-, rakennus- ja käyttövaiheisiin. Työssä luodaan katsaus eri lämmitysmuotoihin ja niiden käyttämiin energianlähteisiin. Lämmitysjärjestelmiä tarkastellaan hiilidioksidipäästöjen vähentämisen näkökulmasta. Lisäksi työssä tarkastellaan rakennuksen ilmanvaihdon sekä vesi- ja viemärlaitteiston hiilidioksidipäästöjen muodostumista ja mahdollisuuksia niiden vähentämiseen.

Tarkastelun pohjalta havaitaan eniten päästöjä muodostuvan rakennuksen käyttövaiheessa. Suurin merkitys on lämmityksellä ja erityisesti lämmitykseen käytettävän energian tuotantotavalla. Ilmanvaihtotekniikassa hiilidioksidipäästöjen muodostumista voidaan vähentää tehokkaalla lämmöntalteenotolla ja käyttöaikaan perustuvalla ohjauksella. Kiinteistön käyttöveden ja viemäroinnin suurimmat hiilidioksidipäästöt syntyvät käyttöveden lämmittämisestä ja vedenkulutuksesta.

Asiasanat: energiatehokkuus, hiilidioksidipäästö, hiilineutraali, talotekniikka

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	4
2 RAKENTAMISEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT	6
2.1 Tuotantovaihe	6
2.2 Rakennusvaihe	7
2.3 Käyttövaihe	8
3 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT	10
3.1 Lämmitys	12
3.1.1 Sähkö	14
3.1.2 Puu	16
3.1.3 Lämpöpumppu	16
3.1.4 Kaukolämpö	18
3.2 Jäähdytys	19
3.3 Ilmanvaihto	19
3.4 Käyttövesi ja viemärointi	21
4 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	26

SANASTO

ECF	European Climate Foundation
EPD	Environmental Product Declaration
gCO ₂ /kWh	hiilidioksidi gramma per kilowattitunti
KVV	kiinteistön vesi- ja viemärlaitteisto
LTO	lämmöntalteenotto
LVI	lämmitys- vesijohto- ja ilmanvaihtotekniikka

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee ajankohtaista ilmiötä ja puheenaihetta hiilineutraalisuus. Useat valtiot pyrkivät hiilineutraaleiksi eri osa-alueilla. Rakentaminen on suuri osa muodostuvia päästöjä. Talotekniikkajärjestelmien elinkaaren jokaisessa vaiheessa muodostuu päästöjä. Opinnäytetyössä selvitetään tuotannon, kuljetuksen, rakentamisen ja käyttöajan aikana muodostuvia päästöjä. Lisäksi tarkastellaan eri taloteknisten järjestelmien hiilidioksidipäästöjä ja keinoja niiden pienentämiseen.

Hiilineutraali rakennus tarkoittaa rakennusta, joka ei muuta ilmakehän CO₂-päästöjä. Tässä tilanteessa voidaan sanoa nettohiilijalanjäljen olevan nolla. Tavoitteena on, että rakennuksen hiilidioksidipäästöt ovat mahdollisimman alhaiset. Syntyneitä päästöjä korvataan tai hyvitetään tarvittaessa. Rakennuksessa käytettyä energiaa voidaan suoraan verrata hiilidioksidipäästöihin. Energiatehokkuus vie rakennusta lähemmäs hiilineutraaliutta. (1, s. 8.) Ympäristö- ja ilmastovaikutusten mittausten tavoitteena on hidastaa ilmastomuutosta ja vähentää ympäristövaikutuksia. Tähän on olemassa useita indikaattoreita ja mittareita, mutta tunnetuin niistä on hiilijalanjälki. (2, s. 12.)

Hiilijalanjälki kuvaa ilmastokuormaa eli ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Sitä voidaan mitata tuotteen valmistuksessa, toiminnassa tai palvelun käytössä. Hiilijalanjälki ilmoitetaan yleensä massana hiilidioksidiekvivalenttina (CO₂-ekv. tai CO_{2e}). Yksikkönä käytetään käytötavasta ja kohteesta riippuen tonnia, kilogrammaa tai grammaa. (2, s. 13.)

Hiilikädenjälkeä voidaan ajatella hiilijalanjäljen vastakohtana. Hiilikädenjäljellä mitataan positiivisia ympäristövaikutuksia tuotteen valmistuksessa, käytössä tai palvelussa. Hiilikädenjälki pienentää valtion, yrityksen tai yksilön hiilijalanjälkeä. (2, s. 13.) Ympäristötietoisuuden lisääntyessä yrityksille on tärkeää pystyä ilmoittamaan matala hiilijalanjälki ja korkea hiilikädenjälki.

Rakennusala tulee tarkastella hiilineutraalisuuden kannalta, sillä valtioneuvoston mukaan hallituksen tavoite on hiilineutraali Suomi vuoteen 2035 mennessä. Suomi aikoo olla ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta maailmassa. (1, s. 8.) Hiilijalanjälkeä pyritään pienentämään nostamalla uusiutuvien energianlähteiden osuus energian loppu-

kulutuksessa yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Energian loppukulutuksella tarkoitetaan rakennusten lämmityksen polttoaineiden, liikennepolttoaineiden, teollisuuden prosessipolttoaineiden, sähkön ja lämmön kulutusta. Loppukulutus eroaa kokonaiskulutuksesta siten, että loppukulutuksesta on eroteltu energian siirto- ja muuntohäviöt. (4.) CO₂-päästöistä 75 prosenttia muodostuu fossiilisista polttoaineista sekä metsien hävittämisestä ja teollisuudesta (3). Kokonaisuudessa hiilidioksidipäästöt laskevat uusiutuvien energianlähteiden syrjäyttäessä fossiiliset polttoaineet.

2 RAKENTAMISEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki muodostuu monesta eri vaiheesta, kuten valmistuksesta, kuljetuksesta, rakentamisesta, kunnossapidosta ja korjauksesta, materiaalien vaihdosta sekä energian ja veden käytöstä. Elinkaari ei lopu purkuvaiheeseen, vaan purkuvaiheessa huomioidaan myös itse purkaminen ja materiaalien loppukäsittely.

Tehtyjen tutkimusten vaihtelevien tuloksien mukaan on vaikea määrittää talotekniikan osuutta rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä. Tulokset kuitenkin asettuvat 10–31 prosentin välille. Talotekniikan lisääminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta, mutta lisääntynyt materiaali nostaa hiilijalanjälkeä. Talotekniikan lisääminen usein kuitenkin pienentää kokonaishiilijalanjälkeä. (5, s. 26.)

Energian ilmastoystävällisyyttä merkitään sen hiilidioksidipäästökertoimella (1, s. 9). Kiinnitettäessä enemmän huomiota rakennuksen käytön aikaiseen energiatehokkuuteen pienenevät elinkaaren aikana syntyvät päästöt ja valittujen materiaalien merkitys kasvaa. Materiaalipäästöjen osuus voi vastata nykyäänkin noin puolta rakennuksen koko elinkaaren päästöistä. (5, s. 26.)

2.1 Tuotantovaihe

Tuotantovaiheen alussa selvitetään käytettävät rakennustuotteet. Tuotantovaiheen päästöt määrittyvät sen mukaan, mitä materiaaleja suunnitteluvaiheessa valitaan käytettäväksi. Rakennustuotteiden valmistukseen tarvittava raaka-aine on hankittava. Raaka-aineen kuljetus valmistukseen synnyttää omat päästönsä, joita on vaikea arvioida yleisellä tasolla. Tuotantovaihe päättyy tuotteen valmistumiseen.

Talotekniikan materiaaleissa esiintyvät suuressa määrin teräs, muovi ja kupari. ECF:n (European Climate Foundation) mukaan yhden teräskilon valmistuksessa syntyy 2 CO₂e/kg päästöjä ja yhden muovikilon valmistuksessa 4,6 CO₂e/kg (6). Kuparin valmistuksessa syntyy 2,718 CO₂e/kg päästöjä (5, s. 53). Taloteknisten järjestelmien kokonaispäästöihin lukeutuvat materiaalin valmistuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt.

Terästä voidaan valmistaa kahdella eri tavalla. Toisessa prosessissa käytetään raaka-aineena rautamalmia ja toisessa kierrätysterästä. Kierrätysteräksen päästöt ovat alle kymmenesosan rautamalmin päästöistä. Kierrätysteräksen käyttö kasvaa vuosittain. Tänä päivänä SSAB:lla valmistetusta uuden teräksen raaka-aineesta 30 prosenttia on kierrätysterästä. Toimijat ovat tulleet riippuvaisiksi kierrätysteräksestä hupenevien raaka-aineiden takia. Vuonna 2050 arvioidaan kierrätysteräksestä valmistettavan teräksen osan olevan 50 prosenttia. (7.)

Teräksen valmistuksessa päästöjä syntyy raaka-aineesta, tuotannossa käytetystä poltto-aineesta ja sisäisistä kuljetuksista. SSAB:lla globaalisti 90 prosenttia päästöistä muodostuu raaka-aineista, 10 prosenttia käytettävistä polttoaineista ja alle prosentti sisäisistä kuljetuksista. (7.)

Kiinteistön vesijohdot on valmistettu kuparista jo yli sadan vuoden ajan. Kuparin kierrätettävyyden on 100 prosenttia. Kuparissa ei tapahdu rakenteellisia muutoksia ajan myötä ja se kestää hyvin eri olosuhteita. Kuparia ei voi kuitenkaan käyttää joka alueella vesijohdoissa, sillä joidenkin alueiden vesijohtovesi aiheuttaa kupariputkissa korroosiota. Vesijohdoissa käytettävistä materiaaleista kuparin ominaisuuksia on tutkittu eniten. (5, s. 38.)

Tänä hetkenä valmistajien ei ole välttämätöntä ilmoittaa rakennustuotteiden hiilidioksidipäästöjä. EPD (Environmental Product Declaration) -ympäristöselosteissa on hiilijalanjälkitietoja, mutta vain murto-osaan kaikista rakennustuotteista. Suoritustasoilmoitus voisi kertoa tulevaisuudessa myös tuotteen valmistuksen hiilijalanjäljen. (9, s. 20.)

Materiaalien hiilidioksidipäästöille tarvitaan hyväksytyt laskentamenetelmät ja laskurit, jotta ne voisi yhdistää energiatodistukseen. Nykyistä laskennallista E-lukua parempi indikaattori olisi todellisiin päästöihin perustuva järjestelmä, joka olisi yhdistettävissä laskelmaan rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä. Rakennusluvan ehtona voisi olla minimitaavoite energiatehokkuudelle ja rakennustuotteiden hiilijalanjäljelle, kuten E-lukulaskelmat edellytetään nykyisin. (9, s. 28.)

2.2 Rakennusvaihe

Rakennusvaiheeseen sisältyy tuotteiden ja materiaalien kuljetus työmaalle, rakennusjätteen poiskuljetus, tuotteiden ja osien valmistelu, rakennuksen muokkaaminen läpivientejä

varten ja rakennustuotteiden asennus. Rakennusvaiheen alussa työmaalle usein sijoitetaan lämmitettyjä työmaakontteja, jotka toimivat työntekijöiden taukutiloina, pukuhuoneina, ruokailutiloina ja työnjohdon toimistotiloina. Varastoidun materiaalin vaatiessa voivat myös varastointiin tarkoitettut työmaakontit olla lämmitettyjä.

Rakennusvaiheessa hiilijalanjäljen arviointiin sisältyy rakennustuotteiden, maamassojen ja materiaalien kuljetukset työmaalle. Tuotteita ja materiaaleja voidaan varastoida väliaikaisesti ja valmistella eri kohteessa. Kuljetuksiin eivät sisälly pelkästään työmaalle vietävät asiat. Täytyy ottaa huomioon myös työmaalla syntyvän jätteen kuljetus jätteenkäsittelyyn tai varastointiin. Työmaalla liikkuvien työntekijöiden matkoja on käytännössä mahdotonta arvioida tarkasti, joten niitä ei oteta huomioon päästöarvioinnissa. Työkoneiden päästöt lasketaan mukaan hiilijalanjälkeen. (5, s. 13.)

Rakentamiseen käytetään vuodessa noin 10 miljoonaa tonnia tuotteita ja materiaaleja. EU vaatii sen jäsenmaiden kierrättävän 70 prosenttia rakennus- ja purkujätteistä. Rakennettaessa materiaaleilla, joilla on pieni hiilijalanjälki, täytyy huolehtia materiaalien täyttävän kaikki tekniset vaatimukset. Sijoittamalla rakennusvaiheessa pitkään käyttöikänsä ja huomioimalla korjaustarpeet voidaan rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä laskea huomattavasti. Esimerkiksi korjausrakentamisessa käyttämällä vanhoja roiloja ja hormeja voidaan säästää työn määrässä, materiaalissa, jätteessä ja rahassa. (5, s. 27.)

2.3 Käyttövaihe

Rakennuksen käyttövaiheessa hiilidioksidipäästöjä muodostuu asennettujen tuotteiden ja järjestelmien käytöstä. Rakennuksissa kulutetaan energiaa ja vettä, joiden tuottaminen ja siirtäminen aiheuttaa päästöjä. Järjestelmien korjauksesta ja kunnossapidosta aiheutuu päästöjä. Laajemmista korjauksista ja osien vaihdosta syntyy myös päästöjä. Esimerkiksi vaikeasti tavoitettavassa paikassa oleva ilmanvaihtokone, jonka korvaaminen vaatii suuria toimenpiteitä, aiheuttaa päästöjä.

Rakennuksen koko elinkaaren päästöistä käyttövaiheen energiankulutus muodostaa jopa 65 prosentin osuuden. Energiatehokkuuteen ja uusiutuviin energiamuotoihin panostetaan, sillä fossiiliset polttoaineet ovat suuressa osassa energiantuotantoa. Suomen ym-

päristökeskus teki vuonna 2016 selvityksen, jonka mukaan rakennuskannan energiankulutus laskee 13 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Rakennuskannan odotetaan kasvavan 38 prosenttia samassa ajassa. Selvityksen mukaan luvut ovat mahdollisia, sillä uudet rakennukset ovat energiatehokkaampia ja vanhoja rakennuksia korjataan energiatehokkaammiksi. (5, s. 23.)

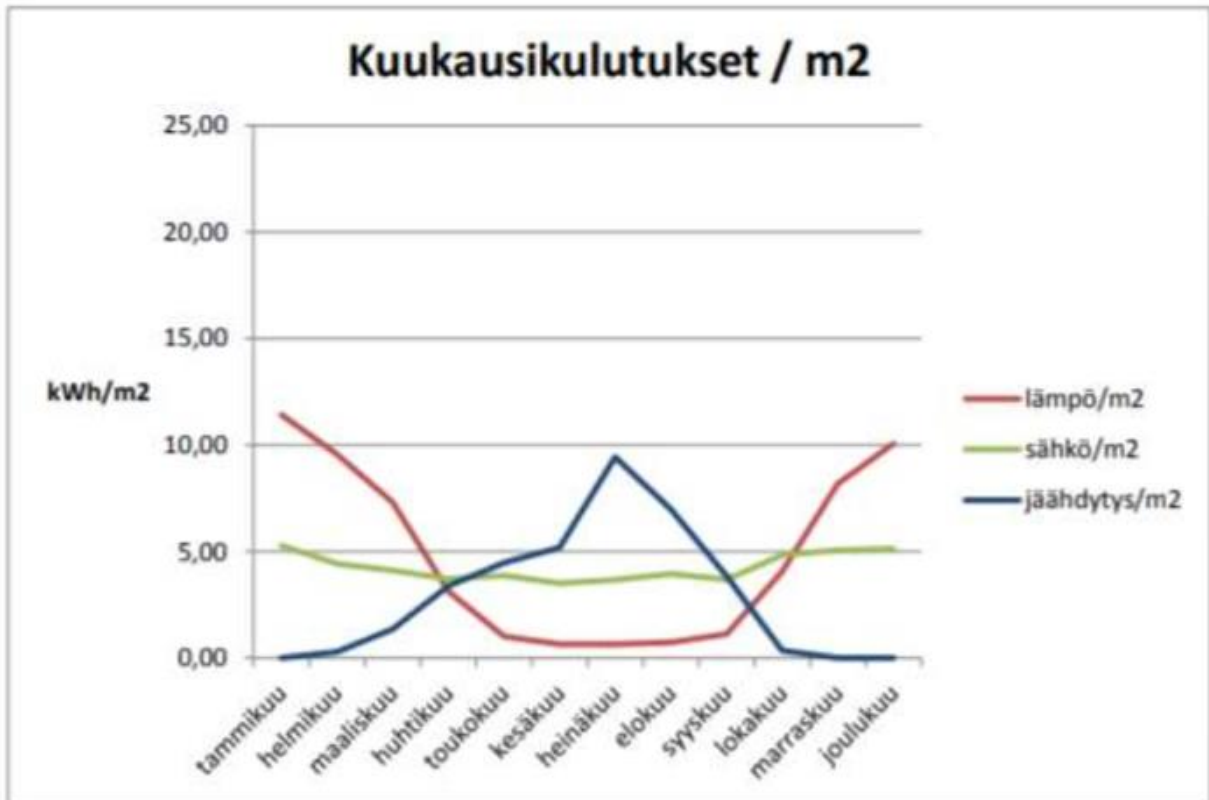
Rakennuksen käyttämä energia voidaan ostaa, tuottaa tai sitä voidaan kierrättää taloteknisissä järjestelmissä. Hyväksikäytettävää hukkalämpöä poistuu rakennuksesta poistoilmassa ja jätevedessä. Paineilman, höyryn ja ympärivuotisen jäähdytyksen sivutuotteena syntyy käyttöön valjastettavaa lämpöenergiaa. Mainittujen hukkaenergioiden kierrättäminen tekee rakennuksista energiatehokkaampia, ja se johtaa rakennusten päästöjen laskuun. (1, s. 8.)

3 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

LVI-teknisestä näkökulmasta rakennuksen käyttövaiheessa energiaa kuluu eniten lämmitykseen, ilmanvaihtoon, lämpimään käyttöveteen sekä jäähdytykseen. Perinteinen toimintatapa on käyttää kaukolämpöä ja sähköä energianlähteinä, joiden tuottamiseen käytetään uusiutuvaa tai fossiilista polttoainetta.

Rakennuksen elinkaarta tutkittaessa talotekniikasta rakennusvaiheessa syntyvät päästöt ovat hyvin vähäiset kokonaisuudessa. Suurin osa päästöistä tulee materiaalin ja tuotteiden kuljettamisesta, nostotöistä sekä talotekniikan vaatimien rakenteiden valamisesta. Materiaalivalinnat suunnitteluvaiheessa ja käyttövaihe muodostavat suurimman osan elinkaaren päästöistä. (5, s. 27.)

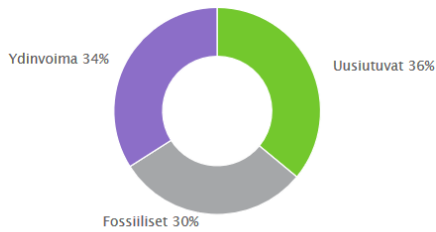
Asuin- ja palvelurakennusten lämmitys aiheuttaa vuodessa 17 prosenttia Suomen hiilidioksidipäästöistä. Se on noin 7,8 MtCO₂ kokonaispäästöistä 46 MtCO₂. (10.) Rakennuksen tilojen lämmittäminen tuottaa elinkaaren aikana eniten hiilidioksidipäästöjä. Vuoden 2020 alkuun mennessä valmistuneita asuin- ja palvelurakennuksia on yhteensä 1,4 miljoonaa. Vuoden 2020 alusta vuoteen 2050 mennessä on tavoitteeksi asetettu vähentää hiilidioksidipäästöjä 90 prosenttia. (11, s. 12.) Tämä tarkoittaisi lämmityksessä noin 7 MtCO₂ suuruista vähennystä vuosittaisissa hiilidioksidipäästöissä. Kuva 1 näyttää vuonna 2012 valmistuneen toimistorakennuksen eri järjestelmien kuukausittaisen energiankulutuksen.



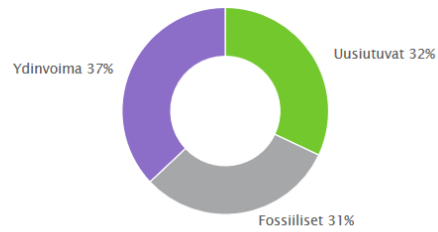
KUVA 1. Toimistorakennuksen kuukausikulutukset (1, s. 18)

Kokemusperäisen arvion mukaan LVI-tekniikka käyttää noin 15 - 20 prosenttia rakennuksen sähköenergiankulutuksesta (1, s. 10). Käytetyn sähkön hiilijalanjäljen määrää sen valmistaman sähköyhtiön sähkön valmistukseen käyttämät polttoaineet. Esimerkiksi Helenin myymän sähkön alkuperä vuosina 2017 - 2018 näkyy kuvassa 2. Kuvasta 2 voidaan huomata uusiutuvien polttoaineiden olevan kasvussa ja ohittaneen fossiiliset polttoaineet. Vuonna 2018 Helenin sähkön hiilidioksidin ominaispäästöt olivat 191 gCO₂/kWh.

2018



2017



KUVA 2. Myydyn sähkön alkuperä (12)

3.1 Lämmitys

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän rakentamisessa päästöjä muodostuu esimerkiksi lämmönsiirtimien, osien ja putkien valmistuksesta. Myös osien kuljetuksesta ja läpivientien poraamisesta muodostuu päästöjä. Rakennuksen käyttövaiheessa talon lämmitys vie kaikkein eniten energiaa ja on siksi kaikkein oleellisin asia rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumisessa.

Olemassa olevien rakennusten lämmityksestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää siirtymällä vähäpäästöisempiin energianlähteisiin. Valtionhallinto on suurimpana toimenpiteenä ilmoittanut luopuvansa toimitilojensa öljylämmityksestä vuoteen 2025 mennessä saavuttaakseen EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Hallinto kannustaa myös kaikkia julkisia toimijoita seuraamaan esimerkiksi. Yksi merkittävä päätös on myös kivihilen käytön lopettaminen sähkön- ja lämmöntuotannossa 1.5.2029 alkaen. (13.)

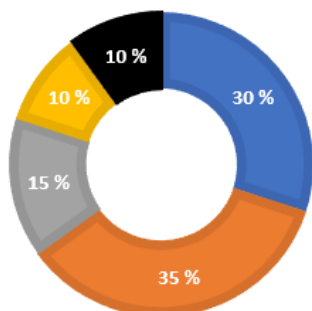
Lämmitysenergian keskikulutuksella ja energialuokilla voidaan määrittää omakoti- ja paritalojen energiatehokkuus. Vuodesta 1970 asti Suomi on kiinnittänyt huomiota talojen energiankulutuksen tehokkuuteen ja huolehtinut sen parantamisesta uudisrakentamisessa rakentamismääräysten avulla. Kuten taulukosta 1 huomataan, lämmitysenergian keskikulutus on siitä lähtien laskenut. Vertailtaessa 2010-luvulla valmistuneiden rakennusten ja 1960-luvulla valmistuneiden rakennusten keskikulutusta huomataan kulutuksen laskeneen kolmannekseen. (14, s. 10.)

TAULUKKO 1. Lämmitysenergian keskikulutus eri ikäisissä omakoti- ja paritaloissa (tilat, ilmanvaihto, käyttövesi, lämmitysjärjestelmien sähkö) (14, s. 10)

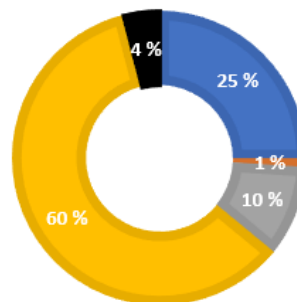
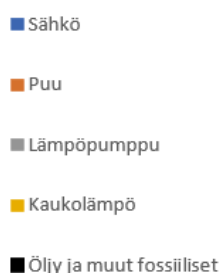
Indikaattori	Yksikkö	-1959	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09	2010-19
Lämmitysenergian keskikulutus	kWh/m ²	225	240	220	190	175	145	85
Tietolähde	Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys, VTT & SYKE							

Käsitellään seuraavaksi yleisimpiä lämmitysenergian lähteitä, sähköä, puuta, lämpöpumppua ja kaukolämpöä. Lämmityksen hiilijalanjälki muodostuu lämmöntuottotavasta ja energianlähteen valmistukseen käytettyjen raaka-aineiden ekologisuudesta. Kuvassa 3 esitetään lämmöntuotannon osuudet eri rakennustyypeissä. Kuvasta 3 on havaittavissa, että kaukolämmön osuus lämmöntuotannosta on suurin miltei kaikissa rakennustyypeissä. Poikkeuksena ovat omakoti- ja paritalot, joissa puu on lämmöntuotannossa suurimmassa osassa. Tiedot ovat peräisin Tilastokeskukselta (14, s. 12–23).

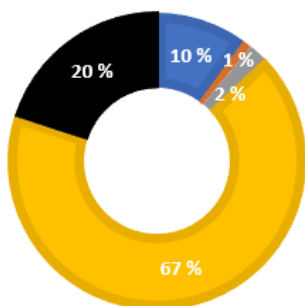
OMAKOTI- JA PARITALOJEN LÄMMÖNTUOTANNON OSUUS



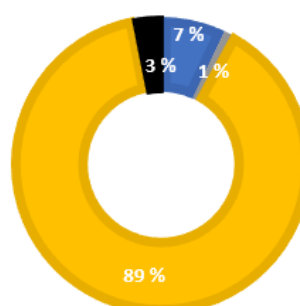
RIVITALOJEN LÄMMÖNTUOTANNON OSUUS



EI-ASUTTUJEN RAKENNUSTEN LÄMMÖNTUOTANNON OSUUS



ASUINKERROSTALOJEN LÄMMÖNTUOTANNON OSUUS



KUVA 3. Lämmöntuotannon osuudet eri rakennustyypeittäin (14, s. 12–23)

Taulukossa 2 on kerättyä eri lämmitysmuotojen vuosittaiset hiilidioksidipäästöt rakennuksissa Tilastokeskuksen tietojen pohjalta.

TAULUKKO 2. Lämmitysmuotojen vuosittaiset hiilidioksidipäästöt

Lämmitysmuotojen vuosittaiset hiilidioksidipäästöt				
<i>(huomioitu omakoti- ja paritalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asutut rakennukset)</i>				
	Sähkö	Kaukolämpö	Puu	Maalämpö
Päästöt vuodessa 1000 t CO ₂	920	5 005	0	0

3.1.1 Sähkö

Rakennusta voidaan lämmittää sähköllä eri järjestelmillä. Suora sähkölämmitysjärjestelmä lämmittää rakennusta välittömästi esimerkiksi radiaattoreilla käyttäen vastuksia.

Varaava sähkölämmitysjärjestelmä luovuttaa lämpöä johonkin massaun, joka välittää sen rakennuksen huoneilmaan. Varaavassa järjestelmässä hyödynnetään yösähkön hintaa ja pyritään varaamaan lämmitettävää massaa tarpeeksi, jotta se pystyisi luovuttamaan lämpöä koko päiväsajan. Päivällä sähkön kysyntä on niin suuri, että sitä tulee tuottaa kaikin keinoin. Käyttämällä yösähköä enemmän voitaisiin tasoittaa tarvittavan sähkön määrää ja sitä voitaisiin tuottaa puhtaammin. Sähkölämmitysjärjestelmiin lukeutuvat myös lattialämmityskaapelit. (15.) Mitä pienemmällä hiilijalanjäljellä sähköä tuotetaan, sitä hiilineutraalimpi lämmitysmuoto sähkölämmitysjärjestelmä on.

Tilastokeskuksen keräämien kulutustietojen mukaan omakoti- ja paritalojen energiasta 30 prosenttia tuotetaan sähköllä. Luku pitää sisällään lämmitysjärjestelmien tarvitseman sähkön ja sähkölämmityksen. Sähkön hiilidioksidipäästöt ovat 620 000 tonnia. Sen päästökerroin muodostuu tuotantorakenteen ja polttoaineluokituksen perusteella. (14, s. 12.) Taulukossa 3 on esitetty sähkön osuus lämmöntuotannossa rakennustyypeittäin ja sen hiilidioksidipäästöt. Sähkö toimii lämmitysenergian lähteenä tehokkaasti omakoti- ja paritaloissa sekä rivitaloissa.

TAULUKKO 3. Sähkön osuus lämmöntuotannosta rakennustyypeittäin

Sähkö				
	Omakoti- ja paritalot	Rivitalot	Asuinkerrostalot	Ei-asutut rakennukset
Osuus lämmöntuotannosta %	30	25	7	10
Päästöt 1000 t CO ₂	620	90	75	135

Omakoti- ja paritaloissa olemassa olevan suoran sähkölämmityksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää lisäämällä ilmalämpöpumppu lämmitysjärjestelmään. Varaavan sähkölämmityksen hiilijalanjälkeä pienentää ilma-vesilämpöpumpun lisäys. Jos rakennusta halutaan muuttaa energiatehokkaammaksi, voi asentaa aurinkosähköpaneeleita ja vaihtaa vanhat käyttöikänsä palvelleet kodinkoneet uusiin energiatehokkaisiin. (14, s. 28.)

3.1.2 Puu

Puu on lämmöntuottajana todella ympäristöystävällinen. Se on sitonut koko olemassaolonsa ajan itseensä hiilidioksidia, joten se korvaa päästöjä. Puun tuotantoon kulunut energia korvautuu silti puuhun sitoutuneella hiilidioksidin määrällä. Jotta puun käyttö pysyy ekologisena, tulisi jokaisen kaadetun puun tilalle istuttaa uusi puu. (16, s. 22.)

Puu raaka-aineena ei ole loppumassa. Yalen Yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan maailmassa on 3 biljoonaa puuta ja niitä kaadetaan noin 15 miljardia vuodessa. Suomen puiden määrä ei ole vähentynyt vuosien saatossa, vaan luku hieman kasvaa vuosittain. Puhtaasti hiilidioksidipäästöjä verrattaessa puu tai pelletti on kaikista edullisin puun nettopäästöjen ollessa nolla. (16, s. 22.)

Lämmityksessä käytettävän pelletin tuotannossa ja kuljetuksessa kulunut energiamäärä on tutkitusti 10 - 20 prosenttia pelletin sisältämästä energiasta 4,8 MWh/tn. Kuljetukseen kuluu kokonaisuudessaan noin 5 prosenttia. Pelletin vähäiset päästöt johtuvat osittain sen kuivuudesta ja tasalaatuisuudesta. Pelletti sisältää alle 10 prosenttia vettä sen tilavuuspainosta. (8.)

Puu on suosittu lämmitysenergian lähde omakoti- ja paritaloissa. Niissä sen osuus lämmöntuotannosta on 35 prosenttia. Muissa rakennustyypeissä puun osuus lämmityksestä on alle 1 prosentin. (14, s. 15–23.) Puun lämmöntuotannon osuudet eri rakennustyypeittäin on kuvattu taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Puun osuus lämmöntuotannosta rakennustyypeittäin

Puu				
	Omakoti- ja paritalot	Rivitalot	Asuinkerrostalot	Ei-asutut rakennukset
Osuus lämmöntuotannosta %	35	<1	<1	<1
Päästöt 1000 t CO ₂	0	0	0	0

3.1.3 Lämpöpumppu

Maalämpöä voidaan pumpata kalliosta, maaperästä tai vedestä. Maalämpö tarkoittaa auringon varastoitunutta lämpöä. Maalämpöpumppuja suositaan usein niiden vähäisten

huolto- ja tarkastustoimien takia. Myös maalämmön ekologisuus viehättää rakennuttajia. Maalämpöhän on käytännössä jo talteen otettua lämpöä. Maalämpöpumppu käyttää sähköä pumpatakseen maalämmön käytettäväksi. Tuotetun lämmön osa-alueet ovat noin 2/3 maaperästä lähtöisin olevaa lämpöä ja 1/3 sähköllä tuotettua lämpöä. (16, s. 23.) Maalämmön hiilidioksidipäästöt muodostuvat sen käyttämästä sähköstä. Arvioidut hiilidioksidipäästöt maalämmölle ovat noin 120 gCO₂/kWh. (17.) Maalämpöjärjestelmää rakennettaessa hiilidioksidipäästöjä muodostuu esimerkiksi järjestelmän osien valmistuksesta, osien ja poran kuljetuksesta sekä porauskalustosta.

Ilmalämpöpumppu vie ulkoilmasta lämpöä ulkona sijaitsevan höyrytimen kautta sisäilmaan. Ilmalämpöpumppu ei toimi ainoana lämmitysjärjestelmänä, vaan se vaatii rinnalleen lämmitysjärjestelmän. Ilmalämpöpumppua sijoitettaessa tulee ottaa huomioon sen huoltomahdollisuudet. Ilmalämpöpumpulla voi saada korkean hyötysuhteen esimerkiksi asennettaessa sen jälkikäteen sähkölämmitteiseen pientaloon. Poistoilmalämpöpumppu taas ottaa rakennuksen jäteilmasta lämpöä ja luovuttaa sen ilmalämmitysjärjestelmälle. Lämmitysverkoston vesi ja käyttövesi ovat myös mahdollisia lämmityskohteita poistoilmalämpöpumpulle. (18, s. 15–16.)

Omakoti- ja paritaloissa lämpöpumpulla tuotettu lämmitysenergian osuus on 15 prosenttia. Lämpöpumpulla on tuotettu rivitalojen lämmitysenergiasta 10 prosentin osuus. Asuin-kerrostaloissa lämpöpumpulla on tuotettu 1 prosentti kokonaislämmitysenergiasta ja ei-asutuissa rakennuksissa maalämmön osuus on 2 prosenttia vuosittain. Lämpöpumpulla tuotetut lämmitysenergian osuudet ovat nähtävissä taulukossa 5. (14, s. 12–23.)

TAULUKKO 5. Lämpöpumpulla tuotetun lämmitysenergian osuus rakennustyypeittäin

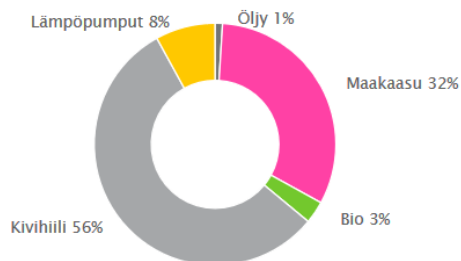
Lämpöpumpulla tuotettu (sähkön osuuden hiilidioksidipäästöjä ei huomioitu)				
	Omakoti- ja paritalot	Rivitalot	Asuin-kerrostalot	Ei-asutut rakennukset
Osuus lämmön-tuotannosta %	15	10	1	2
Päästöt 1000 t CO ₂	0	0	0	0

3.1.4 Kaukolämpö

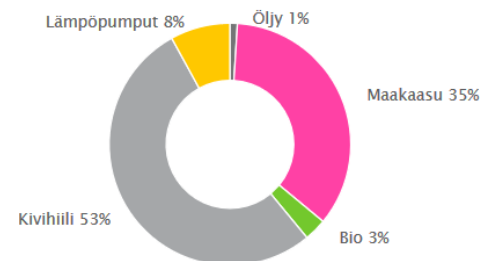
Suomen kaupunkien ja taajamien yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. Kaukolämpö on hyvä ratkaisu tiheään rakennetulle alueelle, jossa on isoja asuinkerrostaloja. Kaukolämpöä voidaan tuottaa sähköntuotannossa sivutuotteena. Tämä vähentää kaukolämmön ympäristöhaittoja. (2, s. 27.) Kaukolämmön ekologisuus määrittyy siitä, millä tavalla vesi on lämmitetty (1, s. 10).

Kaukolämpöä voidaan tuottaa usealla eri tavalla, kuten Helen on esittänyt tekemissään ympyrädiagrammeissa kuvassa 4 vuodelta 2018 - 2019. Suurin osa kaukolämmön polttoaineista on fossiilisia. Kuvasta 4 käy ilmi, että maakaasun ja kivihiilen osuudet ovat muuttuneet vuodessa, kun taas lämpöpumpun, öljyn ja biopolttoaineen osuudet ovat pysyneet samana. Helen toimittaa pääkaupunkiseudulla kaukolämpöä ja on ilmoittanut hiilidioksidin ominaispäästökseen uudella laskentatavalla 198 gCO₂/kWh vuonna 2019. (19.)

2019



2018



KUVA 4. Kaukolämmön alkuperä (12)

Kaukolämpöverkosta rakennettaessa aiheutuu hiilidioksidipäästöjä muun muassa kaukolämpöjohtojen, betonirakenteiden ja eristysten valmistuksesta. Rakennusvaiheessa materiaalia, tuotteita, työkaluja ja koneita täytyy kuljettaa. Päästöjä muodostuu myös maan kaivamisesta, kaivojen asennuksesta, betonitöistä ja kaivantojen täytöistä.

Omakoti- ja paritalojen lämmitysenergiasta 10 prosenttia tuotetaan kaukolämmöllä. Hiilidioksidipäästöjä se tuottaa 420 000 tonnia. Rivitalojen lämmitysenergian kulutuksessa kaukolämmöllä on 60 prosentin osuus ja hiilidioksidipäästöjä muodostuu 500 000 tonnia.

Asuinkerrostaloissa kaukolämmöllä on 89 prosentin osuus lämmityksessä ja hiilidioksidipäästöjä muodostuu 2 180 000 tonnia. Ei-asuinrakennuksissa kaukolämmön osuus on 67 prosenttia ja hiilidioksidipäästöjä muodostuu 1 905 000 tonnia. (14, s. 12–23.) Taulukoon 6 on kerätty nämä tiedot.

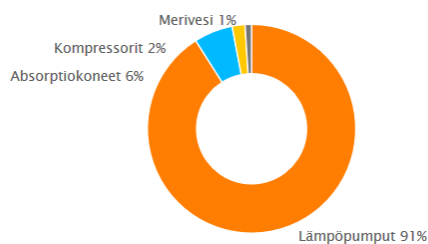
TAULUKKO 6. Kaukolämmön osuus lämmöntuotannosta rakennustyypeittäin

Kaukolämpö				
	Omakoti- ja paritalot	Rivitalot	Asuinkerrostalot	Ei-asutut rakennukset
Osuus lämmöntuotannosta %	10	60	89	67
Päästöt 1000 t CO ₂	420	500	2 180	1 905

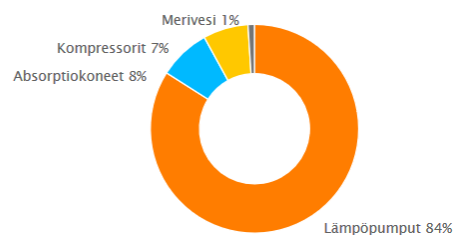
3.2 Jäähdytys

Jäähdytys on osa LVI-tekniikkaa. Suomessa on käytössä myös kaukolämpöverkostoa muistuttava kaukojäähdytysverkosto, jonka hiilijalanjälki on pienempi kuin sähköllä tuotetun jäähdytyksen. Verkostossa liikkuu jäähdyttävä kylmä vesi. (1, s. 11.) Kuvassa 5 on Helenin kaukojäähdytyksen alkuperä vuosina 2018 - 2019. Helenin mukaan vuonna 2019 kaukojäähdytyksen hiilidioksidin ominaispäästöt olivat 18 gCO₂/kWh, joka on huomattava vähennys vuoteen 2018. Vuonna 2018 sama luku oli 72 gCO₂/kWh.

2019



2018



KUVA 5. Kaukojäähdytyksen alkuperä (12)

3.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto tuo hengitykseen tarkoitettua puhdasta ilmaa rakennukseen ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ilmanvaihto toimii paine-eroilla. Paine-ero voidaan

luoda puhaltimilla tai lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella, jolloin ilma pyrkii suuremmasta paineesta pienempään. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma liikkuu paremmin, mitä suurempi lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa on mahdollisuus suodattaa tuloilmaa ja ottaa lämpöä talteen poistoilmastasta. (20.) Sähkön tuoton päästökertoimella voidaan laskea puhaltimien hiilidioksidipäästöt niiden kuluttamasta energiamäärästä (21, s. 24).

Rakennettaessa ilmanvaihtojärjestelmää päästöjä syntyy esimerkiksi kanavien, puhaltimien, peltien ja koneiden valmistuksesta. Järjestelmän, sen osien ja työkalujen kuljetus työmaalle muodostaa hiilidioksidipäästöjä. Rakenteita voidaan joutua myös muokkaamaan, jotta ilmanvaihto voidaan asentaa. Tuotteiden ja koneiden nostotyöt esimerkiksi katolle aiheuttavat myös päästöjä.

Lämmöntalteenottojärjestelmä yleistyi 1980-luvulla. Se liitettiin ilmanvaihtojärjestelmään. Vuoden 2003 julkaistujen rakentamismääräysten myötä lämmöntalteenottojärjestelmästä tuli miltei pakollinen uusiin rakennuksiin, ellei voitu todistaa sen tarpeettomuutta. (16, s. 28.) Ilmanvaihdossa voi pyrkiä vähäpäästöisyyteen korvaamalla vanhat lämmöntalteenottolaitteet käyttöikänsä päätyttyä uusiin energiatehokkaampiin. Vanhoihin elementtiasuin-kerrostaloihin yksi hiilijalanjälkeä pienentävistä toimista liittyy poistoilman lämmön hyödyntämiseen. Koneelliseen poistoilmanvaihtoon lisättävän poistoilmalämpöpumpun avulla hukkalämmöllä voisi lämmittää tiloja tai käyttövettä. (14, s. 28–32.)

Jaakko Aaltonen tarkasteli opinnäytetyössään vuonna 2019 ilmanvaihtoon liittyvien tekijöiden vaikutusta hiilijalanjälkeen ja energiankulutukseen. IDA ICE-ohjelmalla suoritetussa simulaatiossa vertailtiin kolmen pientalon ilmanvaihdon hiilijalanjälkeä ja energiatehokkuutta. Talot sijaitsivat samalla tiiviillä pientalotaajamassa Porissa. Talot olivat kaikki yhden perheen yksikerroksisia pientaloja. Talojen attribuutit ja päälämmöntuottotavat erosivat toisistaan. Kaikissa taloissa oli ilmanvaihtojärjestelmänä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Kahdessa talossa oli ilmalämpöpumput ja kaikissa taloissa varaava tulisija. Simulaatiossa tutkittiin ilmanvaihdon määrän vaikutusta energiankulutukseen, joten tulo- ja poistoilmavirtoja korotettiin huonekohtaisesti 20 ja 30 prosentilla. Simulaatiossa tutkittiin myös aikataulutettua ilmanvaihdon pudotusta, jossa tulo- ja poistoilmavirtojen määrä laski 60 prosentilla lähelle alinta hyväksyttyä tasoa klo 8:n ja 16:n välillä. (21, s. 25–48.)

Tuloksissa ilmeni, että rakennuksen kokonaisostoenergian määrä väheni 679 kWh vuodessa pienentämällä ilmanvaihtoa 60 prosentilla maanantaista perjantaihin klo 8–16. Vähentyneestä energiankulutuksesta 550 kWh oli tilalämmityksen osuutta. Hiilidioksidipäästöt vähenivät 111 kgCO₂-ekv vuodessa. Parhaat säästöt hiilidioksidipäästöissä saatiin talossa B, jonka päälämmöntuottotapana oli sähkölämmitys ja muuna lämmöntuottona toimi ilmalämpöpumppu sekä varaava tulisija. Viidessäkymmenessä vuodessa mahdollinen hiilidioksidipäästöjen säästö olisi 5560 kgCO₂-ekv. (21, s. 25–48.)

Simulaatiossa pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa huomattiin ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhteen ja vuotoilman määrän vaikuttavan eniten rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen ja energiakulutukseen. Toki tiedossa oli ilmanvaihtokoneen hyötysuhteen merkitys energiankulutukseen. Hiilijalanjälki muodostui sähkön tuotannossa syntyneistä hiilidioksidipäästöistä, koska ilmanvaihdon käyttämä energia tuotettiin suoralla sähköllä. (21, s. 51.) Ilmanvaihtoa ei voi rajoittaa alle suositusten vähentääkseen ilmanvaihdon hiilidioksidipäästöjä. Käyttöaikatauluun perustuvalla ilmanvaihdon ohjauksella voidaan päästä suuriin energiasäästöihin myös pientaloissa. (21, s. 52–53.)

Pientaloissa voidaan käyttää lämpöpumpputekniikkaa sisältäviä ilmanvaihtokoneita, jotka saavat lähes kaiken lämpöenergian talteen jäteilmasta. Nollaenergiaa tavoittelevien talojen tilalämmityksen vaatimat energiamäärät ovat vähäiset. Näissä kohteissa lämpimän käyttöveden lämmitysenergian hiilidioksidipäästöt korostuvat. Esimerkiksi kesäaikaan voisi käyttää jäteilman lämmöntalteenottoa käyttöveden lämmitykseen. (21, s. 52 – 53.)

3.4 Käyttövesi ja viemärointi

Rakennuksen elinkaareissa käyttöveden ja viemäroinnin hiilijalanjälki syntyy valittujen rakennustuotteiden valmistuksesta, kuljetuksesta, rakennuksen ja maaperän muokkaamisesta putkia varten, energian ja veden käytöstä sekä järjestelmän huoltamisesta. Ihmisten vedenkäyttötottumukset ovat myös merkittävä tekijä, sillä veden odotetaan tulevan vesipisteestä halutussa lämpötilassa ja poistuvan rakennuksesta ongelmitta. Veden siirtoon ja lämmittämiseen kuluu energiaa, ja näistä toimenpiteistä muodostuu hiilidioksidipäästöjä. Rakennuksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää valitsemalla materiaaleja ja tuotteita, joiden valmistuksessa muodostuu vähän hiilidioksidipäästöjä, sekä valitsemalla vähäpäästöinen vedenlämmitystapa.

Joni Kontiainen vertaili opinnäytetyössään vuonna 2019 käyttövesiputkien ja viemäreiden materiaalivalintojen hiilidioksidipäästöjä. Käyttövesiputkien hiilijalanjälkeä vertailtaessa nousivat esiin kupari, komposiitti ja polyeteeni (PEX) ekologisina vaihtoehtoina. Vertailussa oli kohteena espoolainen, kuusikerroksinen, 101-huoneistoinen asuinrakennus. Vertailussa käytettiin ympäristöministeriön julkaisemaa rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnosversiota, josta materiaalien päästötiedot saatiin. Laskelmissa ei otettu huomioon PEX-putken suojaputkea. Valmistettaessa käyttövesijohdot kuparista muodostuisi hiilijalanjäljeksi noin 7 630 kgCO₂ekv. PEX-putkella sama luku olisi 2 116 kgCO₂ekv. PEX-putken valinnassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon sen heikommat ominaisuudet kuin kuparin ja komposiitin. Yleensä PEX-putkea käytetäänkin vain esimerkiksi eristetyissä talonvälisissä putkielementeissä sekä suojaputkessa kulkevinä kytkentäjohtoina. Komposiitilla kohteen tekeminen muodostaisi 2 218 kgCO₂ekv. suuruisen hiilijalanjäljen. Kupariputkeen verrattuna säästöt olisivat noin 5 400 kgCO₂ekv., joka vastaa yhdeksän keskivertokaksion vuosittaisia energiankulutuksesta johtuvia päästöjä. (5, s. 37.)

Kuparin hyväksi todettu kierrätettävyys keventää sen hiilijalanjälkeä. Porissa kuparia valmistava Cupori käyttää valmistukseen lähes 100-prosenttisesti kierrätyskuparia. Scandinavian Copper Developmentin mukaan puhtaaseen alkuperäisestä raaka-aineesta valmistettuun kupariin verrattuna kierrätyskuparista valmistetun kuparin hiilijalanjälki on vain 5 prosenttia. (5, s. 38.)

Samaan rakennuskohteeseen valittaessa viemäreitä Kontiainen vertaili kolmea eri materiaalia. Valuraudasta valmistetut viemärit muodostaisivat hiilijalanjäljeksi 9 922 kgCO₂ekv. Uponorin Decibel-viemäri on valmistettu polypropeenista ja modifioidusta polypropeenista. Käytettäessä decibel-viemäriä muodostuisi hiilijalanjäljeksi 1 774 kgCO₂ekv. Kiinteistömuoviviemäriin (HTP) hiilijalanjäljeksi muodostuisi 1 080 kgCO₂ekv. Kiinteistömuoviviemäriin puutteellisen äänieristyksen takia aiheutuu lisäpäästöjä rakenteellisista toimenpiteistä, joilla ääneneristävyyttä parannettaisi vaadittavalle tasolle. (5, s. 39.)

Jos rakennuksessa käytetään paljon lämmintä käyttövettä, on järkevää ottaa jätevedestä lämpöä talteen (14, s. 28–32.). Kiinteistön koko lämmitysenergian tarpeesta käyttöveden lämmittämiseen kuluu noin 37 prosenttia, josta 22 prosenttia valuu suoraan viemäriin (22). Jätevedestä on mahdollista kerätä lämmöntalteenottoyksiköllä lämpöä ja käyttää

sitä rakennuksen lämmitykseen tai käyttöveden ja ilmastoinnin lämmittämiseen. Jäteveden lämmöntalteenoton suuri haitta on helposti jätevedestä likaantuvat ratkaisut. (1, s. 23.)

Käyttöveden lämmitys tarvitsee energiaa, ja hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa lämmöntuototapa. Käyttövesipuolella energiatehokkuutta voidaan parantaa uusimalla hanoja ja vesikalusteita, jolloin säästetään vettä. Putkiremontin yhteydessä on myös hyvä katsoa mahdollisuutta asentaa huoneistokohtaiset etäluettavat vesimittarit. Vedenpaineen säätäminen esimerkiksi vakiopaineventtiilillä on yksi energiatehokkuutta parantava keino.

Vesi- ja viemärisuunnittelussa ekologisuutta ja kustannustehokkuutta voidaan parantaa sijoittamalla tekninen tila mahdollisimman lähelle tiloja, joissa on vesipisteitä. Materiaaleja kuluu vähemmän, ja lämpöä ei mene hukkaan niin paljoa. Jos järjestelmä ei tarvitse lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, ei energiaakaan kulu siihen. Usein vesipisteiden sijainnit eivät ole LVI-suunnittelijan päätettävissä, mutta yhteistyössä arkkitehdin kanssa se on mahdollista. Ihmisten vedenkäyttötottumusten muuttaminen on myös yksi päästöihin vaikuttava teko. (22.) Veden kulutuksen vähentäminen vähentää sen hankintaan, puhdistukseen ja pumppaamiseen kuluva energiaa.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin taloteknisten järjestelmien hiilidioksidipäästöjen muodostumiseen elinkaaren eri vaiheissa. Rakentaminen alkaa suunnitteluvaiheella, jolla on suuri merkitys rakennuksen elinkaaren kokonaispäästöihin. Suunnitteluvaiheessa valitaan rakennuksessa käytettävät materiaalit, lämmitys-, ilmanvaihto-, käyttövesi- ja viemärijärjestelmä. Kaikkien järjestelmien materiaalivalinnat, valmistaminen ja rakentaminen muodostavat hiilidioksidipäästöjä. Rakentamisen yhteydessä joudutaan myös muokkaamaan rakennusta tai maaperää palvelemaan järjestelmiä.

Kaikista eniten päästöjä syntyy rakennuksen käyttövaiheessa rakennuksen lämmittämisestä. Valitulla järjestelmällä saadaan suuri vaikutus päästöjen määrään. Jokaista järjestelmää ei välttämättä voi toteuttaa kaikissa rakennustyypeissä kustannus- ja energiatehokkaasti. Ei ole yhtä oikeaa ympäristöystävällistä lämmitysmuotoa jokaiselle rakennustypille, vaan kokonaisuus ja olosuhteet ratkaisevat.

Hiilineutraaliudesta kauimpana lämmitysmuotona on öljyn polttaminen. Epäekologisiksi lämmitysmuodoiksi voidaan myös luokitella varaava sähkö, suorasähkö ja kaukolämpö. Näiden lämmitysmuotojen päästöjä voidaan pienentää käyttämällä niiden tuotantoon uusiutuvia energianlähteitä. Lämpöpumppujärjestelmät tuottavat suhteellisen vähän päästöjä tuottaessaan enemmän energiaa, kuin ne tarvitsevat verrannollisesti suorasähköä. Vähäpäästöisin lämmitysmuoto on puutavaran polttaminen.

Rakennuksen elinkaareissa ilmanvaihdon hiilijalanjälkeä ja energiankulutusta vähentää eniten lämmöntalteenoton hyvä hyötysuhde ja käyttöaikatauluun perustuva ilmanvaihdon ohjaus. Painovoimainen ilmanvaihto on hiilineutraalein vaihtoehto oikeissa olosuhteissa oikein toteutettuna. Pientaloissa lämpöpumpputekniikan lisääminen on hyvä ratkaisu hiilidioksidipäästöjen pienentämiseen. Käyttöveden lämmitysenergian hiilidioksidipäästöt korostuvat nollaenergiaa tavoittelevissa taloissa, jolloin on järkevää lämmittää käyttövettä jäteilmasta talteen otetulla lämmöllä.

Käyttöveden ja viemäroinnin osuus rakennuksen elinkaaren hiilidioksidipäästöistä on pienempi kuin tilojen lämmityksen, mutta valittaessa vähäpäästöinen lämmitysmuoto korostuu KVV:n osuus rakennuksen kokonaispäästöissä. Materiaalivalinnat ja käyttöveden

lämmittäminen vaikuttavat hiilidioksidipäästöihin. Yksi suurimmista hiilidioksidipäästöjä pienentävistä toimista on ihmisten vedenkäytön pienentäminen. Mitä vähemmän vettä pitää hankkia, puhdistaa, siirtää, lämmittää ja poistaa, sitä vähemmän veden kulutuksesta muodostuu hiilidioksidipäästöjä rakennuksen elinkaaren aikana.

LVI-suunnittelija voi vaikuttaa valinnoillaan oleellisesti rakennuksen hiilineutraalisuuteen. Asiakkaan valitsemaan sähköyhtiöön suunnittelija ei voi vaikuttaa, vaan tulee keskittyä tekemään rakennuksesta mahdollisimman energiatehokas ja tiivis. Vastuu päästöjen vähentymisestä nojaa lopulta suuresti energiantarjoajien tapaan tuottaa energiaa. Yritykset voivat olla taipuvaisia tarjoamaan puhtaampaa energiaa ollakseen kilpailukykyisiä.

Hiilidioksidipäästöjä muodostuu paljon rakentamisessa ja asiaa voi tarkastella useasta eri näkökulmasta, minkä vuoksi aiheen rajaaminen oli haastavaa. Valitsin tarkastella aihetta talotekniikan näkökulmasta huomioiden eri vaiheet, joissa päästöjä muodostuu. Useista lähteistä tiedon hakeminen vaati medialukutaitoa. Jokainen palveluntarjoaja ja valmistaja voi kutsua omaa tuotettaan ympäristöystävälliseksi ja vähäpäästöiseksi, koska ekologisuus on kiinni vertailukohteesta ja näkökulmasta.

LÄHTEET

1. Juvani, Anu 2019. Kohti taloteknisesti energiatehokkaampaa sairaalaa. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, talotekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267156/opinn%c3%a4ytety%c3%b6_anujuvani.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 8.4.2020.
2. Varis, Sini 2019. Vähähiilinen rakentaminen. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun Ammattikorkeakoulu, rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/263282/Varis_Sini.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 26.4.2020.
3. Ilmastonmuutos. 2020. CO₂-raportti. Saatavissa: <https://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastonmuutos>. Hakupäivä 8.4.2020.
4. Uusiutuva energia Suomessa. 2019. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa?view_status=preview. Hakupäivä 8.4.2020.
5. Kontiainen, Joni 2019. Putkiremontin hiilijalanjälki. Insinööritö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu, talotekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168473/Kontiainen_Joni.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 26.4.2020.
6. Ikävalko, Kari 2019. Betonin, muovin ja teräksen valmistus tekemässä EU:n ilmastotavoitteet tyhjäksi – Muutos parempaan olisi teknisesti mahdollinen, mutta kallis. Yle. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10844961>. Hakupäivä 26.4.2020.
7. Hiilidioksiditehokkuus. 2020. SSAB. Saatavissa: <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/kestavat-toiminnot/hiilidioksiditehokkuus-ssablla>. Hakupäivä 26.4.2020.
8. Pellettienergia. 2020. Bioenergia. Saatavissa: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/>. Hakupäivä 1.5.2020.

9. Hienonen, Markku; Huttunen, Eeva; Jääskeläinen, Lauri; Salmelainen, Leena & Virkamäki, Pekka. 2017. Viranomaisnäkökulma rakennuksen elinkaaren hiilijalanjalkiohjaukseen. Rakennustarkastusyhdistys RTY ry. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/13008/Viranomaisnakokulma_rakennuksen_elinkaaren_hiilijalanjalkiohjaukseen._Rakennustarkastusyhdistyksen_raportti_29.6.2017.pdf. Hakupäivä 20.3.2020.
10. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maankayton_ja_rakentamisen_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Rakennusten_energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano. Hakupäivä 20.3.2020.
11. Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Ohjelmat_ja_strategiat/Korjausrakentamisen_strategia. Hakupäivä 20.4.2020
12. Energian alkuperä. 2020. Helen. Saatavissa: <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/energian-alkupera>. Hakupäivä 20.4.2020.
13. TEM:n virkamiesten energianäkemykset viitoittaa kohti hiilineutraalia Suomea. 2019. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/muut_tiedotteet/2019/tem_n_virkamiesten_energianakemys_viitoittaa_kohti_hiilineutraalia_suomea.13977.news. Hakupäivä 8.4.2020.
14. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maankayton_ja_rakentamisen_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Rakennusten_energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano. Hakupäivä 20.3.2020.
15. Lattialämmitys, sähkölämmittimet ja sulanapito uudisrakentamiseen ja saneeraukseen. 2020. ENSTO. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/kiinteiston-sahkoistys-ja-valaistus/lammitysjarjestelmat/>. Hakupäivä 3.5.2020.

16. Pärkkä, Ville 2016. Ekologiset ja kustannustehokkaat näkökulmat pientalorakentamisessa. Opinnäytetyö. Kuopio: Savonia-Ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108717/Parkka_Ville.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 26.4.2020.
17. Tom Allen Senera. Maalämpö on ilmastoystävän valinta. Saatavissa: <https://www.tomallensenera.fi/blogi/maalampo-on-ilmastoystavan-valinta>. Hakupäivä 3.5.2020.
18. Virtanen Ville 2020. Pientalon yleisimmät lämmitysmuodot ja niiden tekniset ominaisuudet. Insinöörityö. Helsinki: Metropolia, talotekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/337170/Ville_Virtanen%20.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 8.5.2020.
19. Energian ominaispäästöt. 2020. Helen. Saatavissa: <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot>. Hakupäivä 20.4.2020.
20. Ilmanvaihdon perusteet. 2020. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. Hakupäivä 5.5.2020.
21. Aaltonen, Jaakko 2019. Ilmanvaihdon energiankulutus ja hiilijalanjälki pientalossa. Opinnäytetyö. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172427/Opinn%c3%a4ytety%c3%b6_Jaakko_Aaltonen_28.5.2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä: 5.5.2020.
22. Vedensäästöopas. 2010. Oras. Saatavissa: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwj89M_rw5zpAhUPzaYKHcT5DqUQFjA-BegQIBhAB&url=http%3A%2F%2Fnew.teknologiateollisuus.fi%2Ffile%2F11495%2Fwatersavingguide_FI_2010_oras.pdf.html&usg=AOvVaw2hP2Aq4_1yyWRNFK1LSAAu. Hakupäivä 5.5.2020.