

Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joni Kontiainen

Putkiremontin hiilijalanjälki

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.5.2019

Tekijä Otsikko	Joni Kontiainen Putkiremontin hiilijalanjälki
Sivumäärä Aika	44 sivua + 2 liitettä 8.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Hanna Sulamäki Muotoilujohtaja Katja Soini
<p>Ilmaston lämpeneminen ihmisen toiminnan seurauksena on yksi suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistämme. Sen negatiiviset vaikutukset ihmisiin ja luontoon on jo havaittavissa ympäri maailmaa. Meillä kaikilla on kuitenkin mahdollisuus auttaa tämän kriisin torjumisessa.</p> <p>Meillä täällä pohjoiseurooppalaisessa kylmässä ilmastossa rakennusten lämmittämisestä syntyy suurin osa meidän aiheuttamista kasvihuonekaasuista. Euroopan unionissa onkin toukokuussa 2018 päätetty, että jokaisen jäsenmaan on laadittava pitkän aikavälin peruskorjausstrategia rakennuskannan kehittämiseksi erittäin energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi vuoteen 2050 mennessä. Helsingin kaupungin kunnianhimoisemman kaupunkistrategian mukainen tavoite on saavuttaa hiilineutraalisuus jo vuoteen 2035 mennessä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota yhteen aikaisempaa tutkimustietoa putkiremontin vaikutuksista rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Opinnäytetyön tutkimusosiossa selvitetään putkien materiaalivalintojen vaikutusta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena havaittiin, että energiatehokkuuden parantaminen putkiremontin yhteydessä toimii jatkossakin rakennuksen hiilijalanjäljen pienentämisen kulmakivenä. Hajautetun uusiutuvan energian tuottaminen, lämpöenergian talteen ottaminen ja veden kuluksen väheneminen ovat merkittävimmät keinot pienentää rakennuksen hiilijalanjälkeä. Rakennusmateriaalien päästöillä on kuitenkin yhä merkittävämpi rooli päästöjen aiheuttajana alati parantuvan energiatehokkuuden myötä. Kierrätysmateriaalien käyttö ja kierrätetävyyden ottaminen huomioon suunnitteluvaiheessa tulevat korostumaan jatkossa.</p>	
Avainsanat	putkiremontti, hiilijalanjälki, peruskorjaus, energiatehokkuus

Author Title	Joni Kontiainen Carbon Footprint of Piping Renovation
Number of Pages Date	44 pages + 2 appendices 8 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Hanna Sulamäki, Senior Lecturer Katja Soini, Design Manager
<p>The purpose of this final year project was to study the carbon footprint caused by piping renovation projects. The project aimed to identify and assess the environmental effects of the materials used in building services engineering over life cycle of a building.</p> <p>The bachelor thesis combined the findings of previous studies and information found in literature. Furthermore, calculations were executed and manufacturers' representatives interviewed for the project.</p> <p>It was established that the role of building material emissions has become more important due to the improved energy performance of buildings. Nevertheless, it is still possible to reduce the climate load of buildings with low-carbon energy sources, decreased water consumption, and reduction of the energy demand of the building.</p> <p>In order to further boost the sustainability of buildings, renewable energy and resources should be favored. Furthermore, the reusability or recyclability of raw materials should be taken into consideration when planning a new building or a renovation.</p>	
Keywords	carbon footprint, sustainable construction, HVAC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ilmastonmuutos	3
2.1	Hiilijalanjälki	4
2.2	Korjausrakentamisen hiilijalanjäljen arviointi	5
2.3	Hiilikädenjälki	8
2.4	Hiilinielut	9
2.5	Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys	10
2.6	Väestö ja kaupunkikehitys	11
3	Korjausrakentaminen	13
3.1	Korjausrakentamista koskevat yleiset tavoitteet	13
3.2	Korjaushankkeen prosessi	14
3.3	Rakennuskanta Suomessa	14
3.4	Rakennusten korjaustarve	16
4	Vähähiilinen rakennuskanta	17
4.1	Rakennuksen elinkaari	17
4.2	Energian käyttö	17
4.3	Uudet energiaratkaisut	18
4.4	Talotekniikan merkitys hiilijalanjälkeen	20
4.5	Materiaalitehokkuus	21
4.6	Rakennusten ympäristöluokitukset	23
5	Putkiremontin vaikutus hiilijalanjälkeen	25
5.1	Putkiremonttimenetelmät	25
5.2	Terveellinen ja turvallinen sisäilma	26
5.3	Putkiremontin vaikutus vedenkulutukseen	27
5.4	Käyttövesiputkien hiilijalanjälkivertailu	31
5.5	Viemäriputkien hiilijalanjälkivertailu	32

5.6	Korjaustyömaan hiilijalanjälki	33
5.7	Korjauksesta syntyvän rakennus- ja purkujätteen jatkokäsittely ja uudelleen käytön mahdollisuudet	34
5.8	Korjauksen vaikutukset hiilijalanjälkeen	36
5.9	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	36
6	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Putkien hiilidioksidipäästölaskut	
	Liite 2. Materiaalitiedot	

Lyhenteet

CO ₂ -ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti. Yhteismitallistettu ilmakehään vapautuneiden kasvihuonekaasujen määrä.
GWP	Global warming potential
PEX	ristisilloitettu polyeteeni
PP	polypropeeni
ppm	parts per million (miljoonasosa)
PVC	polyvinyylikloridi
YK	Yhdistyneet kansakunnat

1 Johdanto

Euroopan unionissa (EU) on toukokuussa 2018 sovittu päivityksestä rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin (EPBD), jonka merkittävä uudistus on jäsenmaihiin kohdistuva vaatimus laatia pitkän aikavälin peruskorjausstrategia rakennuskannan kehittämiseksi hyvin energiataloudelliseksi ja pienipäästöiseksi vuoteen 2050 mennessä, helpottaen olemassa olevien rakennusten muuttamista kustannustehokkaasti lähes nollaenergiarakennuksiksi. Euroopan Komissio totesi jo vanhassa 2050 Tiekartassa, että komission analyysi osoittaa, että päästöjä voidaan vähentää rakennusalalla noin 90 % vuoteen 2050 mennessä. Päästöjen vähennyspotentiaalia on rakennusalalla enemmän, kuin muilla aloilla keskimäärin. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844.)

EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteena on saattaa Euroopan Unionia kohti vähäpäästöisempää rakennuskantaa ja energiatehokkaampia rakennuksia mm. lisäämällä älykkään teknologian käyttöä rakennuksissa, rakennusten korjauksia vauhdittamalla ja lisäämällä sähköautojen latauspaikkoja. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844.)

Ympäristöministeriö on yhdessä Motiva Oy:n, VTT:n ja Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa aloittanut helmikuussa 2019 EU-direktiivin mukaisen pitkän aikavälin peruskorjausstrategian laatimisen. Strategiatyön tavoitteena on selvittää korjausrakentamiseen liittyvät eri näkökulmat, menetelmät ja tarpeet sekä tavat, jotka palvelevat Suomen tarpeita parhaiten. Lisäksi strategiatyössä kartoitetaan kustannustehokkaat korjaustoimenpiteet ja luodaan yleiskatsaus Suomen rakennuskannasta. (Pitkän aikavälin peruskorjausstrategian laatiminen käyntiin 2019.)

Helsinki on ottanut kaupunkistrategiassaan vielä kunnianhimoisemman tavoitteen, säävuttaa hiilineutraalisuus jo vuoteen 2035 mennessä. Tätä strategiaa tukemaan on Helsingin pormestarin Jan Vapaavuoren johdolla laadittu Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. Toimenpideohjelmassa on esitetty, että toteuttaakseen hiilineutraaliuden Helsingin tulee vähentää kaupungissa syntyviä kasvihuonekaasupäästöjensä 80 prosenttia ja loput 20 prosenttia päästöistä vähentää muualla. (Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelma 2018.)

Rakentamisen ja olemassa olevien rakennusten käyttämän energian hiilijalanjälki on suuri. Ne ovat yhdessä Helsingin merkittävin päästöjen lähde. Jotta saavutettaisiin kaupunkistrategian mukainen päästövähennys, rakennusten energiankäytön päästövähennystavoitteeksi on asetettu 82 prosenttia. Tavoitteisiin päästäkseen tulee kiinnittää huomiota uusien rakennusten energiatehokkuuteen, keskitetyn energian tuotannon päästöjen pienentämiseen ja olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuteen. Nykyinen peruskorjaamisen taso riittää Gaia Consulting Oy:n tekemän tutkimuksen mukaan kattamaan Helsingin kasvusta aiheutuvat päästöt. Peruskorjaamisen tasoa nostamalla voitaisiin kuitenkin saavuttaa merkittävästi parempia tuloksia energiatehokkuudessa. Muun muassa sähkön ja lämmön hajautettua uusiutuvan energian pientuottamista voitaisiin lisätä huomattavasti enemmän peruskorjausten yhteydessä. (Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelma 2018.)

Rakennuksen energiankulutuksen jälkeen suurin hiilijalanjäljen pienentämispotentiaali on rakennusmateriaaleissa. Rakennusmateriaalien päästöjen merkitys kasvaakin tulevaisuudessa, kun rakennetaan yhä energiatehokkaampia rakennuksia. Suurilla toimijoilla, esim. Helsingin kaupungilla, on mahdollisuus vaikuttaa ympäristöstävällisillä rakennusmateriaalihankinnoilla markkinoiden kehittymiseen vähäpäästöiseen suuntaan.

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Vahanen PRO Oy, joka on osa Vahanen-konsernia. Vahanen PRO Oy:n palvelualueeseen kuuluu kiinteistöjohtamisen palvelut sekä taloyhtiöpalvelut. Yhtiön palveluksessa on noin 40 kiinteistöalan ammattilaista. Vahanen PRO Oy on ollut mukana Renovation Leap -nimisessä kehityshankkeessa, jonka missiona on mm. parantaa korjausrakentamisen energiatehokkuutta, pienentää korjausrakentamisessa rakennusten hiilijalanjälkeä sekä parantaa asumisolosuhteita vanhoissa rakennuksissa. Opinnäytetyöni tarkoitus on Renovation Leap -hankkeen hengessä tutkia korjausrakentamista ja erityisesti putkiremonttia hiilijalanjäljen pienentämisen näkökulmasta. Työssä perehdytään aiheen tiimoilta aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin ja ammattikirjallisuuteen sekä lasketaan hiilijalanjälkeä vaihtoehtoisille putkimateriaaleille.

2 Ilmastonmuutos

Siitä lähtien, kun esi-isämme oppivat sytyttämään tulen satoja tuhansia vuosia sitten, on ihmisen toiminta vaikuttanut maapallon muutokseen. Esiteollisesta ajasta lähtien, eli viimeisten n. 200 vuoden aikana muutokset ovat saaneet valtavat mittasuhteet. (Oma hiilijalanjälki 2012: 4–10.)

Maapallon ilmakehän ansiosta meillä on ilmaa, jota voimme hengittää. Ilmakehä koostuu erilaisten kaasujen sekoituksesta. Eräitä näistä kaasuista kutsutaan kasvihuonekaasuiksi. Kasvihuonekaasut ovat tarpeellisia, koska ne auttavat pitämään maapallon tasaisen lämpimänä. Ilmakehässä ollessaan ne päästävät lähes kaiken auringon lyhytaaltoisen sähkömagneettisen lämpösäteilyn lävitseen, mutta absorboivat, eli imevät itseensä tehokkaasti maan pinnalta lähtevää lämpösäteilyä. Ilman kasvihuonekaasuja planeetallamme olisi yöllä hyvin kylmä ja päivällä polttavan kuuma. Satoja tuhansia vuosia kasvihuonekaasuja on ollut juuri oikea määrä pitämään maapallon ilmasto ihmisille, eläimille ja kasveille suotuisissa olosuhteissa. Esimerkiksi Merkurius planeetalla, jolla ei ole lainkaan ilmakehää eikä siis kasvihuonekaasujakaan, lämpötilat vaihtelevat -170 °C :n ja $+350\text{ °C}$:n välillä. (Oma hiilijalanjälki 2012: 4–10; Mitä kasvihuonekaasut ovat? 2016.)

Merkittävimpiä kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani ja otsoni. Tärkeimmät ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat hiilidioksidi, metaani ja alailmakehän otsoni. Kasvihuonepäästöt ovat voimistaneet kasvihuoneilmiötä ja lämmittäneet ilmastoa. (Oma hiilijalanjälki 2012: 4-10; Mitä kasvihuonekaasut ovat? 2016.)

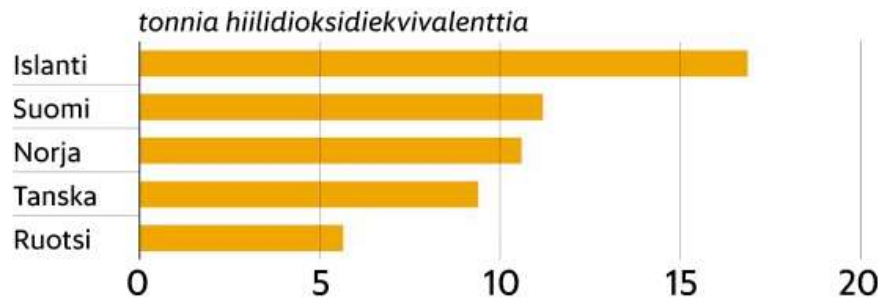
Suomi raportoi kasvihuonekaasupäästöistään Euroopan komissiolle ja YK:lle (Yhdistyneet kansakunnat), YK:n ilmastopimuksen ja siihen liittyvän Kioton pöytäkirjan mukaisesti. Raportoinnin avulla seurataan mm. Suomen päästövähennysvelvoitteiden toteutumista. Päästöjen laskenta perustuu kansainvälisiin raportointi- ja laskentaohjeisiin. (Suomen kasvihuonepäästöt 2017.)

2.1 Hiilijalanjälki

Käsite hiilijalanjälki on luotu mittariksi, jonka avulla voidaan arvioida erilaisten kulutusvalintojen ja tekojen vaikutuksia ilmaston lämpenemiseen. Sillä viitataan yleensä jonkin tuotteen, palvelun tai toiminnan aiheuttamaan ilmastokuormaan, eli siihen, kuinka paljon kasvihuonepäästöjä vapautuu ilmakehään tuotteen tai palvelun aikana. Hiilijalanjälki on ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuonekaasupäästö, eli ilmastokuorma, ja sillä on lähtökohtaisesti negatiivinen vaikutus ilmastoon. (Oma hiilijalanjälki 2012: 4–10; Mitä kasvihuonekaasut ovat? 2016.)

Koska ilmastoa lämmittäviä kasvihuonekaasuja on useita, eikä ole käytännöllistä mainita niitä kaikkia erikseen, muutetaan eri kaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus hiilidioksidin (CO₂) vaikutusta vastaaviksi hiilidioksidi -ekvivalenteiksi (CO₂– ekv).

Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki on noin 10 CO₂–ekv. tonnia vuodessa. Suomalaisen hiilijalanjälki on kaksinkertainen verrattuna ruotsalaiseen (kuva 1) ja paljon suurempi kuin kehittyvissä maissa asuvien keskimäärin. Jokainen kuluttajan tekemä päätös on laskettavissa sen mukaan, kuinka paljon päästöjä siitä syntyy. Kuluttaja voi vaikuttaa omaan hiilijalanjälkeensä paljonkin. Suurimmat päästöt syntyvät asumisesta, liikkumisesta ja ravinnosta. Esimerkiksi vaihtamalla vihreään tuulisähköön, vähentämällä punaisen lihan syöntiä ja suosimalla joukkoliikennettä yksityisautoilun sijaan voi pienentää huomattavasti omaa hiilijalanjälkeään. Ruotsalaisten merkittävästi pienempi hiilijalanjälki selittyy pääosin Ruotsissa käytettävän vesivoiman suuresta osuudesta. Suomessa käytetään fossiilisia polttoaineita ja turvetta energiantuotannossa edelleen hyvin paljon, kun taas Ruotsissa niiden osuus on hyvin minimaalinen. (Kangas 2012; Mikkonen & Pelli 2019.)



Kuva 1. Pohjoismaiden kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohti vuonna 2016 (Mikkonen & Pelli 2019)

2.2 Korjausrakentamisen hiilijalanjäljen arviointi

Rakennusten elinkaaren päästölaskennan pääperiaatteet ovat hyvin samankaltaisia maailmanlaajuisesti. Raja-arvoilla on suuri merkitys päästöjen vähentämisen keinona. Oikeansuuntaisten raja-arvojen asettaminen vaatii taas riittävää vertailuaineistoa. Materiaalien päästölaskentaan kuuluu useita erityispiirteitä, jotka sääntelyn yhteydessä tulee määritellä yksityiskohtaisesti. Lisäksi kaavoituksella on merkittävä vaikutus rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkeen. Rakennusten päästöjen laskenta on standardisoitu Euroopan tasolla (EN 15978).

Päästölaskelma vaatii toimiakseen oikeat päästökertoimet, oikeat määrätiedot, oikean laskentamenetelmän ja oikean rajauksen. Rakennustuotteiden määrät ovat aina hankekohtaisia. Mikäli nämä kriteerit täyttyvät, lopputulos on hyvällä todennäköisyydellä laadukas. Ympäristöministeriö on laatimassa asetusta Suomen oloihin soveltuvasta rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmästä. Asetuksen valmisteluprosessi on edennyt vaiheeseen, jossa lausuntakierros on päättynyt 10.1.2019 ja asetuksen valmistelutiimi käy lausuntoja läpi. Arviointimenetelmän avulla tähdätään rakennusten elinkaaren hiilijalan jäljen ohjaukseen 2020-luvun puoliväliin mennessä. Kuvaan seuraavassa ympäristöministeriön rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmän luonnosversion (2018) toimintaperiaatetta.

Laajamittaisten korjaushankkeiden arviointiin käytetään soveltaen samaa menettelyä kuin uudisrakentamisen hiilijalanjäljen arvioinnissa, pois lukien käyttövaihe (B) (kuva 2).

Korjaushankkeen tarkasteluun ei oteta huomioon elinkaaren aikaisempia rakennus-, korjaus- ja käyttövaiheita. Korjaus määritellään laajamittaiseksi, jos korjauskustannukset ylittävät 25 prosenttia rakennuksen arvosta, kun ei huomioida rakennustontin arvoa.

Laajamittaisessa korjauksessa arvioidaan rakennuksen valmistuksen hiilijalanjälki elinkaarimallin mukaisesti. Arvioinnissa lasketaan hiilijalanjälki elinkaaren vaiheille: rakennustuotteet (A1-3), rakennustuotteiden ja materiaalien kuljetus työmaalle (A4), vanhojen rakenteiden purku (C1), korjaustyömaan hiilijalanjälki (A5), korjauksesta syntyvän rakennus- ja purkujätteen kuljetus jätteenkäsittelyyn (C2) sekä korjauksesta syntyvän rakennus- ja purkujätteen jatkokäsittely. Arviointi voidaan tehdä joko tarkennetulla menetelmällä tai yksinkertaistetulla menetelmällä. Yksinkertaistetussa menetelmässä käytetään taulukkoarvoja useammassa laskennan vaiheissa kuten kuljetukset työmaalle (A4), rakennustyömaan hiilijalanjälki (A5) ja hiilijalanjälki käytön jälkeen (C).

A1-3	A4-5	B		C
TUOTEVAIHE	RAKENTAMINEN	KÄYTTÖVAIHE		ELINKAAREN LOPPU
A1 Raaka-aineen hankinta	A4 Kuljetus työmaalle	B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa	B6 Energian käyttö	C1 Purkaminen
A2 Kuljetus valmistukseen	A5 Työmaa-toiminnot	B2 Kunnossapito	B7 Veden käyttö	C2 Kuljetukset
A3 Tuotteen valmistus		B3 Korjaus	B5 Laajamittaiset korjaukset	C3 Purkujätteen käsittely
		B4 Osien vaihto	KORJAUSVAIHEET	C4 Purkujätteen loppusijoitus

Kuva 2. Rakennuksen elinkaaren vaiheet (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, luonnos lausuntokierrosta varten 2018: 8)

Rakennustuotteiden valmistusvaiheessa (A1–A3) rakennustuotteiden määrät lasketaan aina hankekohtaisesti. Tässä vaiheessa ei voida käyttää yksinkertaistettua arviointimenetelmää. Laskentaan sisällytetään sekä kohteen valmistuksessa käytetyt että työmaalla ylijääviksi arvioidut rakennustuotteet. Mikäli rakennuksessa käytetään uudelleen vanhoja rakennusosia tai tuotteita, ei niiden valmistuksen tai uudelleenkäytön valmistelun päästöt oteta huomioon arvioinnissa.

Rakentamisvaiheen kuljetusten (A4) hiilijalanjäljen arviointiin sisältyvät kaikki rakennustuotteiden, materiaalien ja maamassojen kuljetukset rakennustyömaalle, mukaan lukien mahdolliset välivarastointi- ja esivalmistuspaikat. Kuljetuksiin sisältyvät myös rakennustyömaalla syntyvien rakennusjätteiden kuljetukset jätteenkäsittelyyn tai välivarastointeihin. Rakennuskoneiden kuljetusta tai rakennustyöntekijöiden matkoja ei huomioida arvioinnissa.

Rakennustyömaan (A5) hiilijalanjälkeen lasketaan mukaan työkoneiden sekä rakennustöitä varten mahdollisesti tarvittavien väliaikaisten tilojen tai muiden prosessien päästöt. Hiilijalanjälki lasketaan todellisen rakennustöissä kuluneen energian ja polttoaineen kulutuksen perusteella. Myös muualla kuin työmaatontilla syntyneet väliaikaisten työmaatoimintojen tai työmaatilojen päästöt otetaan huomioon arvioinnissa. Mikäli työmaatoiminnot tai työmaatilat palvelevat myös muitakin työmaita kuin arvioitavaa, jaetaan aiheutuneet päästöt suhteessa niiden palvelevien rakennusten bruttopinta-alaan. Vaihtoehtoisesti yksinkertaistetussa mallissa rakennustyömaan hiilijalanjäljen laskentaan käytetään taulukkoarvoja tyypillisistä työmaan päästöistä.

Rakennuksen elinkaaren katsotaan loppuvan, kun rakennus on purettu ja tontilta on kuljetettu pois kaikki rakennusmateriaalit ja tontti on valmis seuraavaa käyttöä varten. Koska rakennuksen elinkaaren loppu on pitkän ajan päässä arviointiajankohdasta, ovat sen arviointiin sisältyvät epävarmuudet suuria.

Rakennuksen purkamisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt (C1) lasketaan purkamiseen käytetyn energian kulutuksen perusteella. Purkamisen päästöihin lasketaan mukaan purkutyökoneiden polttoainepäästöt sekä mahdollisesti purkutöissä tarvittavien väliaikaistilojen lämmityksen, jäähdytyksen, valaistuksen, pölynsidonnan ja muiden tarvittavien prosessien aiheuttamat päästöt.

Kun rakennuksen elinkaari on tullut päätökseen ja rakennus on purettu, lasketaan vielä purkujätteen kuljetuksen (C2) aiheuttamat päästöt. Kuljetusten päästöihin lasketaan mukaan purkujätteiden kuljetukset kierrätykseen, uudelleen käyttöön ja jätteenkäsittelyyn. Mahdollisten välivarastointien tai kuljetuksen jatkokäsittelyyn aiheuttamat päästöt lasketaan myös mukaan kuljetuspäästöihin.

Rakennuksen purkamisesta syntyvän jätteen käsittelyn (C3), hyödyntämisen, uusiokäytön ja energian talteenoton elinkaariarviointiin sovelletaan siihen laadittavaa rakennustuotteiden päästötietokantaa, joka sisältää materiaaliluokkakohtaisia oletuksia eri materiaalien päästöistä. Materiaaliluokkakohtaiset oletukset tulevat noudattamaan jätetilastojen mukaisia toteumia eri rakennus- ja purkujätelajeille Suomessa.

Purkujätteen käyttämisen energian tuottamiseen aiheuttamat päästöt lasketaan elinkaaren ulkopuolisina päästöinä (elinkaaren vaihe D). Vastaavasti purkujätteestä saatava energia otetaan huomioon rakennuksen elinkaaren hiilikädenjäljessä. Tämä pätee myös vaarallisiin- ja ongelmajätteisiin. Purkujätteiden loppusijoittamisen päästöjen (C4) laskentaan käytetään samaa rakennustuotteiden päästötietokantaa kuin kohdassa (C3) jätteenkäsittely.

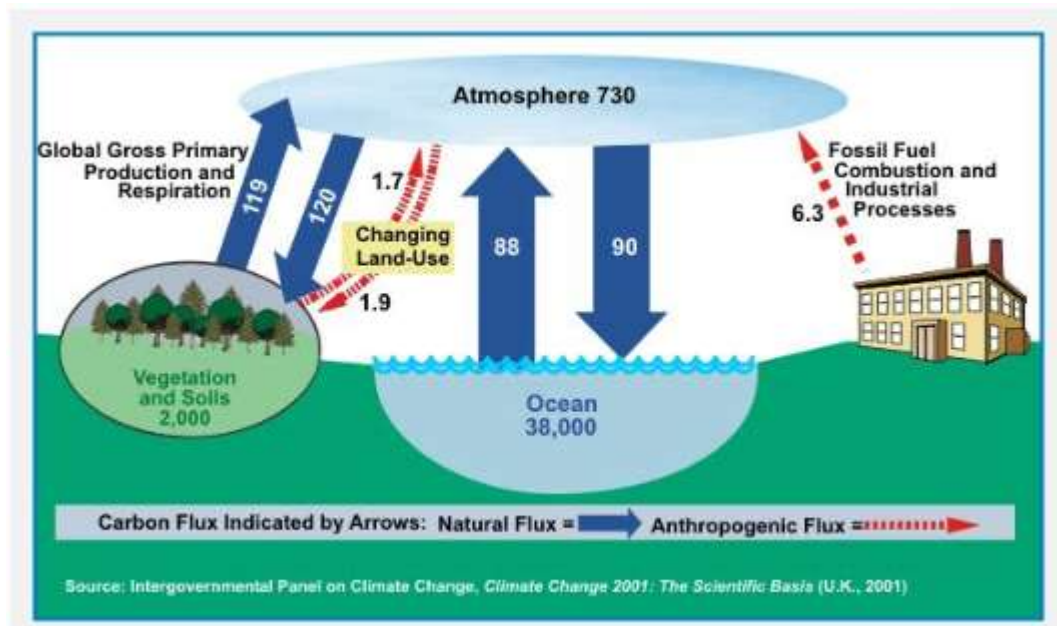
2.3 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki on uusi käsite, jolla tarkoitetaan tuotteen, prosessin tai palvelun ilmastohyötyjä. Kädenjäljen avulla voidaan mitata ja viestiä tuotteisiin ja toimintaan liittyviä ympäristö ja ilmastohyötyjä sekä ohjata asiakasta kohti kilpailukykyistä, mutta kestävä yrittöystoimintaa. Tuote voi olla vaikka lounashävikkiä pienentävä mobiilisovellus tai energia- tehokas hissi toimistorakennukseen. Käsitteelle on tarvetta, koska moni suomalainen yritys toimii ympäristön ja ilmaston huomioon ottaen, mutta toiminnalla saatuja ilmastohyötyjä ei ole aina helppoa todentaa asiakkaille. (Vatanen 2016.)

Hiilikädenjäljellä voidaan tarkoittaa myös sellaisia ilmastohyötyjä, joita rakennuksen elinkaaren aikana voidaan saavuttaa ja joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Hiilikädenjälki korostaa myönteisiä päästövaikutuksia, toisin kuin hiilijalanjälki, joka keskittyy pääsääntöisesti kielteisiin päästövaikutuksiin. Sitran selvityksen mukaan hiilineutraalisuus vuonna 2050 luo 6 000 miljardin euron markkinat älykkäille ja puhtaille ratkaisuille vuoteen 2050 mennessä. (Hiilikädenjälki 2018.)

2.4 Hiilinielut

Metsillä ja merillä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hallinnassa (kuva 3). Merten ja metsien on arvioitu kummankin sitovan ja varastoivan noin neljänneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. Hiilidioksidi sitoutuu meriin ja metsiin, kun levät ja kasvit sitovat yhteyttämisen tuloksena hiilidioksidia ilmakehästä omaksi biomassakseen. Meriin liukenee hiilidioksidia sellaisenaan, sekä muissa epäorgaanisissa yhdisteissä. (Hiilinieluista huolehtiminen.)



Kuva 3. Vuosittaisen hiilen kierron ja hiilivarastojen arvio (miljardia tonnia C) 1980-luvulla globaalisti. (Hiilinieluista huolehtiminen).

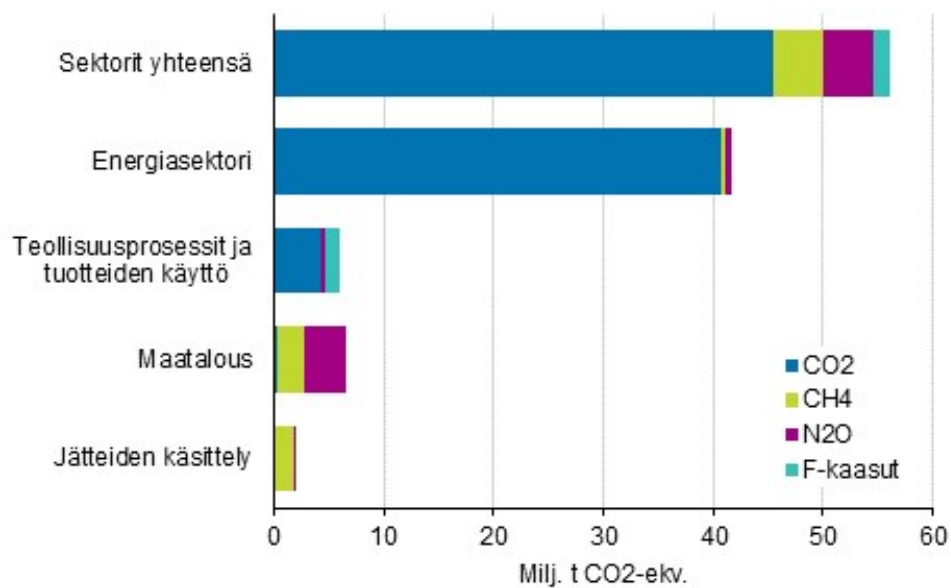
Metsien kaataminen mm. rakentamisen ja maatalouden laajentumisen seurauksena on maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasujen päästölähteenä yksi suurimmista. Vuodesta 1990 alkaen suomalaisiin metsiin ilmakehästä sitoutuvan hiilidioksidin määrä on vaihdellut 22–50 miljoonassa tonnissa. (Metsien hiilinielut 2018; Luukka 2018.)

VTT:n, Aalto-yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen tekemän tutkimuksen mukaan lieventämällä harvennuksia 35 prosentista (nykyinen suositus) 20 prosenttiin ja lisäämällä metsien kiertoaikaa noin 20 vuodella metsien tiheämpänä kasvamisen vuoksi metsien hiilivarasto voisi olla jopa 40 prosenttia nykyistä suurempi ja metsistä voitaisiin silti korjata sama määrä biomassaa kuin tähän asti. (Metsien hiilinielut 2018.)

Metsien istuttaminen kasvattaa hiilinielua. Ilmastonmuutos on lisännyt myös kiinnostusta keinotekoisien hiilinielujen kehittämiseen. (Metsien hiilinielut 2018.)

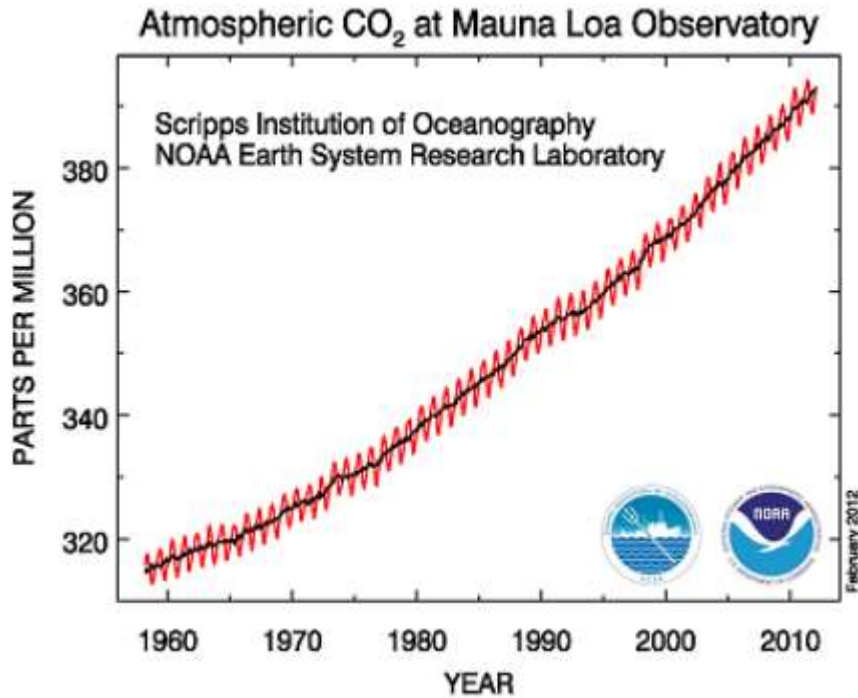
2.5 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Teollisesta vallankumouksesta alkaen on riippuvaisuutemme hiilestä, öljystä ja kaasusta tuottanut suuria määriä kasvihuonekaasuja. Hiilidioksidia syntyy, kun polttoainetta poltetaan. Polttoaineiden polttaminen energian saamiseksi on nykyään suurin ylimääräisen hiilidioksidin päästölähde (kuva 4).



Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2017. Kaasujen päästöt ovat yhteismitallistettu GWP (global warming potential) -kertoimia käyttämällä (Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2017).

Ilmakehän hiilidioksidin pitoisuuksia on mitattu 1950-luvulta alkaen. Sitä aikaisemmat pitoisuudet on pystytty selvittämään tutkimalla napajäätiköiden sisälle säiliöityneitä kaasukuplia. Hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä on noussut ajalta ennen teollistumista 280 ppm:stä (ppm = parts per million) noin 390 ppm:ään, eli kasvua on ollut noin 40 % (kuva 5). (Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku.)



Kuva 5. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuksia mitattuna Mauna Loan havaintoasemalla Havaijilla vuosina 1958–2011 (Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku).

2.6 Väestö ja kaupunkikehitys

Kaupungistuminen on yksi maailman isoista megatrendeistä ja se vaikuttaa myös meillä täällä Suomessa. Kaupungeiksi kutsuttuja yhteisöjä on ollut olemassa jo tuhansien vuosien ajan, mutta nykymallinen kaupungistuminen eli urbanisaatio alkoi teollistumisen myötä 1800-luvulla. (Alahuhta 2009.)

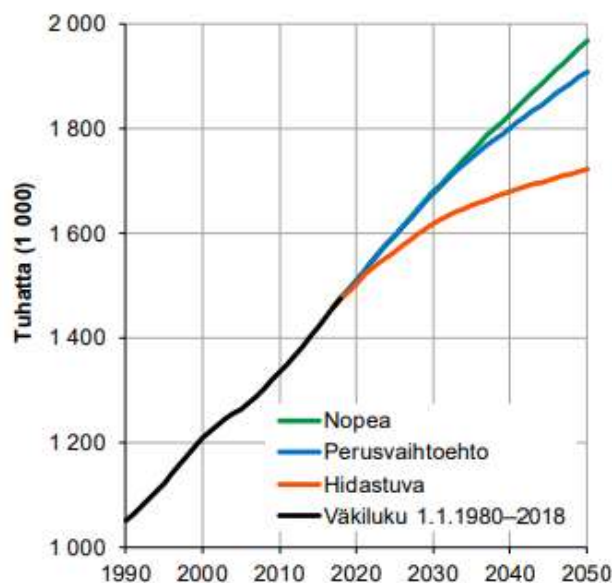
Suomen kaupungistuminen sai uudet mittasuhteet 1960-luvulla, kun suuriin kaupunkeihin alettiin toden teolla rakentaa kaupunkikeskustojen ulkopuolelle asuntokeskittymiä eli lähiöitä. Suomalaisista asuinkerrostaloista lähes puolet onkin rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla ja rakentamisen ns. hulluina vuosina 1971–75 rakennettiin yli 200 000 kerrostaloasuntoa. Suomen ensimmäisiä lähiöitä ovat 1950-luvulla rakennetut Herttoniemi ja Pohjois-Haaga Helsingissä ja Espoon Tapiola. (Alatalo 2012: 14–15.)

Suomessa kaupungistuminen vaikuttaa siten, että suurimmissa kaupungeissa ja alueilla jotka sijaitsevat hyvien kulkuyhteyksien varrella väkiluku kasvaa, kun taas maaseudulla

väkiluku hupenee jatkuvasti. Helsingin asukasluku on viiden viime vuoden aikana kasvanut keskimäärin 7 860 hengellä vuodessa, väestön kasvu on nopeinta sitten 1960-luvun. Väestönkehitykseen vaikuttaa talouden suhdanteiden vaihtelut, asuntomarkkinat sekä maahanmuuttopoliittiset päätöksenteot. (Vuori & Kaasila 2018.)

Helsingin seudun kunnat ja Suomen valtio on tehnyt sopimuksen, jonka tavoitteena on 60 000 uuden asunnon rakentaminen Helsingin seudulle vuosien 2016–2019 aikana, mikä tarkoittaa keskimäärin 15 000 asuntoa vuodessa. Helsingin tavoitteena on kaavoittaa vuosittain 600 000–700 000 kerrosneliometriä asuntokerrosalaa, joka mahdollistaa asuntotuotannon edellytykset. (Vuori & Kaasila 2018.)

Helsingin kaupunki on tehnyt väestöennusteita 1940-luvulta lähtien. Tuoreimman väestöennusteen mukaan (kuva 6) perusvaihtoehdon toteutuessa seudun väestö kasvaa 1 900 000 asukkaaseen vuoteen 2050 mennessä. Se tarkoittaa 430 000 asukasta lisää seuraavien 32 vuoden aikana. Helsingin seudulla oli vuoden 2018 alussa 1 475 095 asukasta. (Vuori & Kaasila 2018.)



Kuva 6. Helsingin seudun väestönkasvun vaihtoehtoiset ennusteet (Vuori & Kaasila 2018).

3 Korjausrakentaminen

Korjausrakentaminen on laaja käsite, jolla tarkoitetaan kaikkea sitä toimintaa, jolla pyritään ylläpitämään tai parantamaan olemassa olevan rakennuksen tai sen osien kuntoa. Korjausrakentamisella voidaan tarkoittaa esim. kunnossapitotöitä, peruskorjausta, perusparannusta, restaurointia, käyttötavan muutosta tai lisärakentamista korjaustoimien yhteydessä. Korjausrakentamiseksi voidaankin kutsua kaikkea rakentamista, joka poikkeaa uudisrakentamisesta. (Korjausrakentamisen käsitteitä 2015.)

Korjaushankkeen alkuvaiheessa on tärkeää ottaa huomioon, minkälaisen lupamenettelyn kyseinen hanke vaatii. Rakennuslupa-asiakirja on projektin tärkein asiakirja, ja se tulee hankkia hyvissä ajoin suunnittelun alkuvaiheessa. Rakennusluvan vaativia korjaus- ja muutostöitä ovat työt, jotka ovat verrattavissa uudisrakentamiseen tai rakennusta laajennetaan. Lisäksi rakennusluvan vaatii korjaustyö, jolla voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien terveydellisiin oloihin tai turvallisuuteen. Käytännössä edellinen tarkoittaa sitä, että aina, kun tehdään muutoksia vesijohtoihin tai ilmanvaihtoon, hanke vaatii rakennusluvan. Putkiremonttihanke vaatii aina rakennusluvan. Rakennusluvan tarvitsee myös sellainen korjaushanke, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen tai jossa muutetaan rakennuksen käyttötarkoitusta. (Perkiömäki 2018.)

Kevyempi toimenpidelupa tarvitaan sellaisissa korjaushankkeissa, joissa muutetaan rakennuksen julkisivua, tai vaihdetaan tekninen järjestelmä, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen. Esimerkiksi maalämpökaivojen poraaminen vaatii toimenpideluvan. (Perkiömäki 2018.)

3.1 Korjausrakentamista koskevat yleiset tavoitteet

Korjausrakentamista ohjaavat monet eri vaatimukset ja tavoitteet. Rakentamismääräysten lisäksi korjausrakentamista ohjaavat tilaajan tarpeet ja tahtotila. Tilaaja voi asettaa kestäväen kehityksen tavoitteita eri näkökulmista, kuten sosiaalisista, taloudellisista tai ekologisista syistä.

Vähähiilisyys voi olla yksi korjausrakennushankkeen kriteeri ja sen tärkeys suhteessa muihin kriteereihin tulee aina arvioida tapauskohtaisesti. Vähähiilisyyttä ei kuitenkaan

koskaan pidä lähtee tavoittelemaan rakennuksen kestävyiden tai asumisen terveellisyiden kustannuksella, vaan vähähiilisyteen pyritään terveellisyiden ja kestävyiden lisäksi.

3.2 Korjaushankkeen prosessi

Korjaushankkeen prosessi koostuu samoista vaiheista kuin uudisrakennushankkeetkin, eli prosessiin kuuluu tarveselvitys, hankesuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentaminen, vastaanottaminen ja takuu aika. Kaikilla näillä vaiheilla on vaikutusta hankkeen laatuun ja kustannuksiin, mutta yleensä hankkeen alun päätöksillä erityoten hankesuunnittelussa vaikutukset ovat suurimmat. (Korjaustöiden laatu 2011.)

Korjaushankkeissa tilaajana ei yleensä ole rakennusalan ammattilainen, vaan tilaaja voi olla esim. yksittäinen huoneiston asukas, taloyhtiö tai kiinteistön omistaja. Sen takia tilaaja ei usein tunne rakentamiseen liittyviä sopimusmenettelyjä, teknisten yksityiskohtien toteuttamista tai valvontatehtäviä. Usein tämän takia hankkeisiin palkataan ulkopuolinen rakennuttajakonsultti tai valvoja. (Korjaustöiden laatu 2011.)

3.3 Rakennuskanta Suomessa

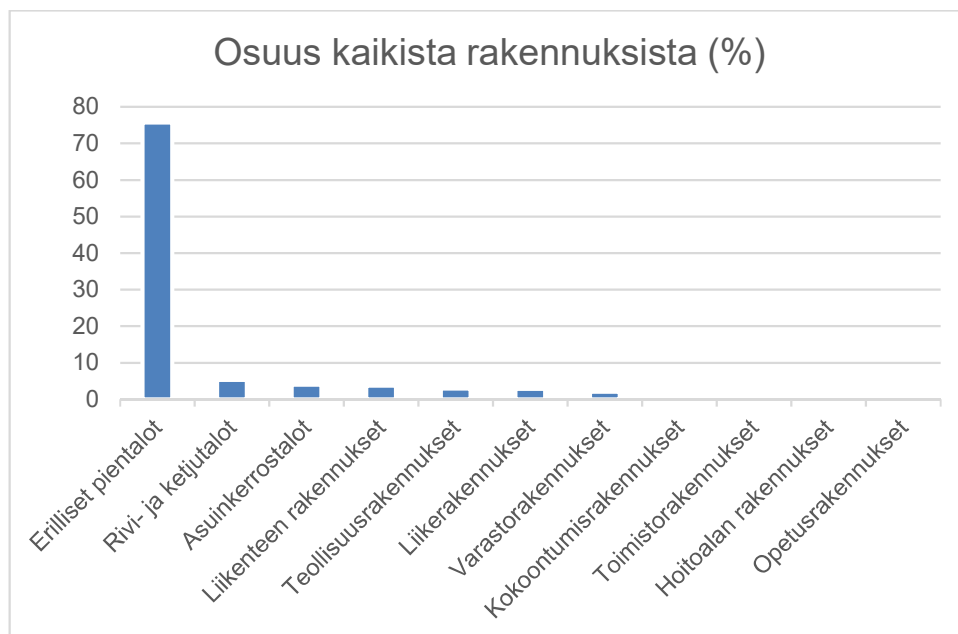
Vuoden 2017 lopussa Suomessa oli 1 523 200 rakennusta. Lukuun ei ole otettu huomioon maatalous- tai muita talousrakennuksia. Edellisvuoteen verrattuna rakennuksia on 11 000 enemmän. Asuinrakennuksien osuus näistä kaikista on 85 prosenttia. (Rakennuskanta 2017.)

Yksi- ja kaksikerroksiset talot muodostavat 95 prosentin osuudella suurimman osan rakennuskannasta (kuva 7). Näissä rakennuksissa asuu 3,6 miljoonaa suomalaista. Vähintään neljäkerroksisissa asuintaloissa asuu reilu miljoona suomalaista. (Rakennuskanta 2017.)

Suomen rakennuskanta on nuori verrattuna Euroopan maihin keskimäärin. Suomessa kerrostaloista 67 prosenttia on rakennettu vuonna 1970 tai sen jälkeen. Ennen vuotta

1921 rakennettuja rakennuksia on vain 5 prosenttia Suomen rakennuskannasta. (Rakennuskanta 2017.)

Suomessa rakennettiin 1960- ja 1970-luvuilla lähes puoli miljoonaa asuinkerrostaloa. Nämä elementtitalot suunniteltiin täyttämään nopeasti kaupungistumisesta aiheutunutta asuntopulaa. Elementtitalo on nopea pystyttää ja helppo purkaa, ja ne on alun perin suunniteltu vain väliaikaiseksi ratkaisuksi. Näillä rakennuksilla on parasta ennen -päivämäärä mennyt jo umpeen ja se aiheuttaa kovaa painetta korjausrakentamiseen. Suuri osa 1960-luvun taloista on jo peruskorjattu, ja tällä hetkellä korjausaallossa ovat omien kokemusten perusteella 1970-luvun alun kerrostalot, joita onkin huomattavan suuri määrä. (Alatalo 2012: 11.)



Kuva 7. Rakennusten osuus käyttötarkoituksen mukaan 31.12.2017 (Rakennuskanta 2017).

3.4 Rakennusten korjaustarve

Kiinteistöliiton toteuttaman korjausrakentamisbarometrin mukaan vuodelle 2019 on ennakoitavissa korjausrakentamiseen lievää kasvua. Kasvun ennustetaan kohdistuvan pääosin pääkaupunkiseudulle. (Korjausrakentamisbarometri 2018.)

Korjausbarometriin vastanneiden lähes 3 000 taloyhtiön edustajan mukaan joka neljännellä taloyhtiöllä oli ollut vuonna 2018 käynnissä korjaushanke. Hankesuunnittelu-, toteutussuunnittelu- ja tarjouspyyntövaiheessa olevien yhtiöiden osuus oli 21 prosenttia, joka oli hieman edellisvuotta 2017 suurempi. (Korjausrakentamisbarometri 2018.)

Talouden epävakaat näkymät ja lainojen korkojen nousupaine vaikuttanee kuitenkin heikentävistä korjausrakentamisen kasvunäkymiin. Taloyhtiöiden saamat urakkatarjoukset ovat olleet laskusuunnassa, jolla on vaikutusta urakoiden hintoihin ylöspäin. Tämä yhdessä heikentyneiden lainaehtojen kanssa tulevat vaikuttamaan negatiivisesti korjaushankkeisiin ryhtymiseen. (Korjausrakentamisbarometri 2018.)

4 Vähähiilinen rakennuskanta

4.1 Rakennuksen elinkaari

Rakentaminen on vain pieni osa rakennuksen elinkaarta. Rakennuksen elinkaareen kuuluu maankäytön ja rakentamisen suunnittelu, raaka-aineiden hankinta, rakennustuotteiden valmistaminen raaka-aineista, kuljetukset, siirrot, rakentaminen, rakennuksen käyttäminen, ylläpitäminen ja huoltaminen, korjaukset ja rakennuksen poisto käytöstä. Rakennuksen elinkaari loppuu rakennuksen purkamiseen ja purkutuotteiden kierrätykseen tai loppusijoitukseen. (Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana.)

Rakennuksen elinkaaren kestoon vaikuttaa hyvin paljon, minkä tyyppinen ja minkälaisessa käytössä rakennus on. Tavoiteltu elinkaari voi olla 50 vuotta tai 200 vuotta tai jotain siltä väliltä. Tilaaja määrittelee käytännössä rakennuksen tavoitellun käyttöiän, joka ohjaa suunnittelua ja mm. materiaalivalintoja. (Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana.)

Suunnitteluvaiheessa tehdään merkittävimmät päätökset, joilla on vaikutusta rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksiin. Myöhemmin käytön aikana on hyvin kallista tai käytännössä mahdotonta tehdä muutoksia suunnittelussa ja rakentamisessa tehtyihin valintoihin. (Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana.)

4.2 Energian käyttö

Käytön ajan energiankulutus aiheuttaa rakennusten elinkaaripäästöistä suurimman osan, jopa 65 prosenttia. Suurin osa energiasta tuotetaan vielä fossiilisilla polttoaineilla. Sen takia energiatehokkuuteen ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöön on syytä panostaa. (Heljo ym. 2016.)

Suomen ympäristökeskuksen (2016) tekemän selvityksen mukaan rakennuskannan energiankulutus tulee laskemaan 13 prosenttia vuosina 2015–2050, vaikka rakennuskannan ennustetaan kasvavan 38 prosenttia. Tämä on mahdollista, koska uudet rakennukset ovat energiatehokkaampia ja samalla vanhojen rakennusten energiatehokkuutta

parannellaan. Vapaa-ajan asuntojen energiankäytön ennustetaan lisääntyvän, koska mökkien sähkökäyttöisen peruslämmityksen uskotaan lisääntyvän. (Heljo ym. 2016.)

4.3 Uudet energiaratkaisut

Energiantuotannon päästöjen vähentämistä nopeutetaan lisäämällä rakennuksiin uusiutuviin paikallisiin energialähteisiin perustuvaa energiatuotantoa, kuten maalämpöä, aurinkoenergiaa ja tuulisähköä. Toteutus on teknisesti helpointa uudisrakentamisen yhteydessä, mutta on usein mahdollista toteuttaa myös peruskorjauksen yhteydessä. Korjaushankkeeseen ryhtyessä kannattaakin selvittää mahdolliset uudet energiaratkaisut. Omaan käyttöön tuotettu uusiutuva energia pienentää kasvihuonekaasupäästöjä, osatoenergian kulutusta ja E-lukua.

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää aurinkopaneeleilla ja aurinkokeräimillä. Aurinkopaneeli muuttaa auringon säteilyn suoraan sähköenergiaksi. Aurinkokeräimen avulla auringon lämpöenergia absorboidaan väliaineeseen, jonka avulla voidaan lämmittää joko lämmitysjärjestelmää tai käyttövettä. Aurinkosähköjärjestelmien hintakehitys on ollut laskeva, ja taloudellinen kannattavuus on useissa kohteissa hyvä jo nyt. Remontin yhteydessä kannattaa ehdottomasti ainakin tehdä tilavarauksia mahdollisesti tuleville aurinkopaneeleille, vaikka järjestelmän toteutus ei korjaushankkeeseen sisältyisikään.

Auringon passiivista lämpöä voi myös käyttää hyväksi lasittamalla parvekkeet, jolloin lasitus muodostaa parvekkeen kohdalle lämmittämättömän ns. puskurivyöhykkeen, joka tasaa ulkoilman olosuhteita ja kerää lämpöäviöitä talteen ja voi olla 2–8 °C lämpimämpi kuin ulkoilma. Puskurivyöhyke toimii hyvin nimenomaan 1960–70 -lukujen huonosti eristetyissä lähiötaloissa. Hilliahon (2010) diplomityössään tekemien selvitysten mukaan parvekelasitus säästää 80 m²:n huoneistossa 3,4–10,7 % lämmitysenergiaa. Säästö oli vielä n. 20 % suurempi, mikäli huoneiston korvausilma otettiin lasitetulta parvekkeelta.

Pientuulivoimalle sopivimmat sijoituspaikat ovat suurten vesistöjen äärellä tai korkealla kukkulan päällä. Kaupunkiolosuhteissa tuuliturbiinin voi sijoittaa esimerkiksi rakennuksen katolle. Rakennuksen katolle sijoitetun voimalan tulee kuitenkin olla vähintään 10 metriä rakennuksen katon korkeimman kohdan yläpuolella. Aurinkoenergiaan verrattuna tuulivoimalan etuna on sähköntuotto myös talvella. Pientuulivoimalan sähköntuotto jää

kuitenkin verrattain vähäiseksi, ja merkittävän tuulisähkön tuottaminen vaatisi niin suuren turbiinin, ettei sellaisen rakentaminen kaupunkiolosuhteissa ole mahdollista. (Andersson ym. 2016: 45.)

Maalämpö on maaperään varastoitunutta lämpöenergiaa. Maalämpöjärjestelmässä lämmönkeruuputkisto asennetaan maahan, joko vaakasuoraan pintamaahan tai pystysuoraan porattuun lämpökaivoon eli energiakaivoon. Lämmönkeruuputkistossa kiertää nesteliuos, johon maaperään kertynyt lämpö sitoutuu. Nesteliuokseen sitoutunut lämpö siirretään lämpöpumpun avulla joko käyttöveden tai lämmitysjärjestelmän lämmitykseen. Maalämmössä kaksi kolmasosaa maalämpöpumpun tuottamasta lämmitysenergiasta tulee maasta ja on siis uusiutuvaa energiaa. Loppu kolmannes tulee pumpun käyttämästä sähköstä. Siitä syystä maalämmön käyttö maksaa noin kolmanneksen suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Maalämpöjärjestelmä on kuitenkin investointina kallis, sen takia maalämmitys onkin yleensä sitä kannattavampi investointi, mitä suuremmasta lämmitettävästä rakennuksesta on kyse. Kaupunkialueilla maanalainen infra voi muodostua esteeksi lämpökaivojen poraamiselle. (Laitinen 2013: 76–78.)

Useiden energiantuotantomuotojen hyödyntämistä yhdessä kutsutaan hybridijärjestelmäksi. Hybridiratkaisuilla ja energian varastoinnilla voitaisiin jo nykyään hoitaa monen rakennuksen energiatarpeet tehokkaasti ja ekologisemmin. Esimerkiksi koneellisella poistoilmanvaihdolla varustettuun rakennukseen poistoilmasta lämmön talteen ottava poistoilmalämpöpumppu on usein järkevä ratkaisu. Poistoilmasta talteen saatavan energian hyödyntäminen tehokkaasti asettaa kuitenkin haasteita, eikä saatava energia riitä täysin kattamaan rakennuksen energian tarvetta. Talvella lämpö saadaan tehokkaasti hyödynnettyä rakennuksen lämmitykseen, mutta kesällä rakennuksen lämmitystarvetta ei ole. Helppo ratkaisu poistoilmalämpöpumpun rinnalle on pysyä edelleen kaukolämmön asiakkaana. Se ei kuitenkaan ole ainoa olemassa oleva ratkaisu. Energiakaivoja hyödyntävissä hybridiratkaisuissa kesällä saatu ylimääräinen energia voidaan ladata talvea varten kallioon, millä nostetaan järjestelmän hyötysuhdetta. Energiakaivoja voi tarvittaessa käyttää myös viilentämiseen. Hybridijärjestelmien toimiminen oikein ja energia- tehokkaasti korostaa taloautomaation merkitystä. Moderni ja toimiva taloautomaatio mahdollistaa myös energian käytön sekä tuoton reaaliaikaisen seurannan. (Laitinen 2013: 76–78.)

4.4 Talotekniikan merkitys hiilijalanjälkeen

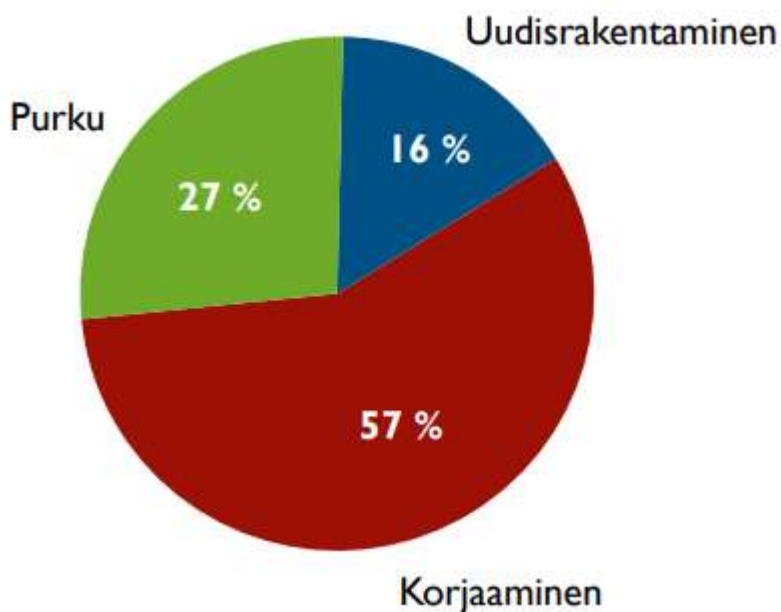
Rakentamisen energiatehokkuutta koskevat määräykset ovat vaikuttaneet ja tulevat jatkossa vaikuttamaan vielä enemmän siihen, että käytön aikainen energiankulutus vähenee ja näin ollen sen merkitys elinkaaren ympäristövaikutuksiin pienenee. Rakennuksen energiatehokkuuden parantuessa materiaaleista aiheutuvat päästöt usein kasvavat. Samalla käytön aikainen energiankulutus vähenee ja energian tuotannosta aiheutuvien päästöjen määrä vähenee. Näiden yhteisvaikutuksesta seuraa se, että rakennusmateriaalien päästöjen suhteellinen osuus koko elinkaaren hiilijalanjäljestä kasvaa. Myös rakennusten kasvavat eristekerrokset, alati lisääntyvä talotekniikan määrä ja heikentyvät perustusolosuhteet lisäävät rakennusmateriaalien päästöjen merkitystä. Passiivi- ja nol-laenergiataloissa rakennusmateriaalien osuus on jo huomattavan merkittävä. Jo nyt on olemassa rakennuksia, joiden materiaalipäästöt vastaavat noin puolta rakennuksen koko elinkaaren päästöistä. (Ruuska ym. 2013: 8.)

Aholan ja Liljeströmin (2018: 35) tekemän tutkimuksen mukaan talotekniikan osuus on 25–31 prosenttia rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä. Tutkimuksessa oli kuitenkin käytetty laskentaohjelman pinta-alaperusteisia järjestelmäkohtaisia päästötietoja, ja tutkijat uskovatkin talotekniikan arvion olevan yläkanttiin. Aikaisemmissa tutkimuksissa on talotekniikan osuudeksi hiilijalanjäljestä arvioitu 10–12 prosenttia. Talotekniikan lisääminen kasvattaa rakennusmateriaalien aiheuttamaa hiilijalanjälkeä, mutta yleensä lisääntynyt talotekniikan määrä parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja näin ollen pienentää rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä.

4.5 Materiaalitehokkuus

Rakennusala on huomattava luonnonvarojen kuluttaja ja jätteiden tuottaja. Rakentamiseen käytetään vuosittain n. 10 miljoonaa tonnia rakennusmateriaaleja ja -tuotteita. Rakentamisen painopisteen siirtyessä uudisrakentamisesta korjausrakentamiseen, rakennus- ja purkujätteiden määrän ennustetaan vain lisääntyvän. EU:n jätedirektiivi edellyttää, että sen jäsenmaissa kierrätetään 70 % rakennus- ja purkujätteestä materiaalina vuoteen 2020 mennessä. (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma 2014.)

Rakennusjätettä on kaikki korjaamisessa, rakentamisessa ja purkamisessa syntyvä jätemateriaali, mm. kivi- ja maa-ainekset, paperi-, lasi-, ja puujäte sekä romumetalli. Vuonna 2011 korjausrakentamisen osuus rakentamisen jätemäärästä oli 57 %, uudisrakentamisen osuus oli 16 % ja purkamisen 27 % (kuva 8). Uudisrakentamisen jätemäärän osuus on jatkuvasti pienentynyt. Korjausrakentamiseen liittyy usein purkutöitä, ja ennen purkutöitä olisikin suositeltavaa suorittaa purkutyökatselmus, jossa purettavat materiaalit raportoidaan jäteluettelon mukaisesti. Hyvä raportointi helpottaa purkujätteen kierrättämistä ja jatkokäsittelyä. (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma 2014.)



Kuva 8. Rakentamisen jätteiden jakautuminen (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma 2014.)

Rakentamisessa syntyvän jätteen määrään ja vähähiilisyteen voidaan vaikuttaa tehokkaasti suunnitteluvaiheessa mm. seuraavilla toimilla:

- suunnittelemalla rakennukset pitkäikäisiksi, helposti ylläpidettäviksi ja korjattaviksi
- suunnittelemalla rakennukset tiloiltaan ja toiminnoiltaan muunneltaviksi eli ns. muuntojoustaviksi
- suunnittelemalla rakennukset niin, että elinkaaren lopussa rakennusosat ja materiaalit ovat helposti kierrätettävissä
- suosimalla kierrätettyjä materiaaleja neitseellisten sijaan. (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma 2014.)

4.6 Rakennusten ympäristöluokitukset

Suuret ammattimaiset kiinteistöjen omistajat hallinnoivat yli 58 miljardin euron edestä suomalaisia kiinteistöjä ja tarjoavat asunnon noin 165 000 kotitaloudelle sekä kymmenille tuhansille yrityksille toimitilat. Ammattimaiset kiinteistösijoittajat ovat nykyään entistä kiinnostuneempia ympäristövastuusta ja läpinäkyvyyden lisäämisessä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistösijoittajat ovat entistä kiinnostuneempia rakennustensa ympäristöluokituksista. Kiinteistötieto Oy KTI:n Vastuullinen kiinteistöliiketoiminta 2018 -raportin mukaan suurimmista suomalaisista kiinteistöjen omistajista 47 prosenttia arvioi sertifioivansa lähes kaikki uudet tai peruskorjatut kiinteistönsä viiden vuoden kuluessa (kuva 9). (KTI vastuullisuusbarometri 2018.)

MILLAINEN ON ORGANISAATIONNE NÄKEMYS KIINTEISTÖJEN YMPÄRISTÖSERTIFIOINNEISTA?



Kuva 9. Kiinteistösijoittajien näkemys rakennustensa ympäristösertifioinneista viiden vuoden aikahorisontilla (KTI vastuullisuusbarometri 2018)

Kansainvälisistä ympäristöluokitusjärjestelmistä tunnetuimmat ovat kaupalliset Iso-Britanniassa kehitetty BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), Yhdysvalloissa kehitetty LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ja saksalainen DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). BREEAM- ja LEED-ympäristöluokituksissa, jotka ovat toistaiseksi suosituimmat, energiatehokkuutta pisteytetään vertailemalla suunnitteluratkaisun simuloitua energiankulutusta laskennallisesti määriteltävään vertailutasoon. Lisäksi on mm. kotimainen Raken-

nustietosäätiön RTS-ympäristöluokitus, pohjoismainen Joutsenmerkki-sertifikaatti ja Euroopan komission yhteistyössä teollisuusedustajien kanssa kehittämä vapaaehtoinen raportointikehys Level(s). (Andersson ym. 2016: 14.)

Level(s) -raportointikehys on valmistunut syksyllä 2017, ja sen kaksi vuotta kestävä testausvaihe on vielä käynnissä. Level(s) -raportointikehys on osa Euroopan komission kiertotalouspakettia, ja se tarjoaa yhteiseurooppalaisen lähestymistavan kehittää rakennusten kestävyyttä, ympäristöystävällisyyttä, energiatehokkuutta ja terveellisyttä. Raportointikehysten ei ole tarkoitus korvata olemassa olevia kaupallisia ympäristöluokitusjärjestelmiä, vaan toimia rinnakkain niiden kanssa. Level(s) on siinä mielessä poikkeuksellinen EU:n hanke, että se perustuu vapaaehtoisuuteen ja avoimuuteen sekä toimii markkinoilta lainatulla logiikalla. Level(s) -raportointikehysten mittariluokat ovat

- resurssitehokas materiaalien käyttö
- elinkaaren hiilijalanjälki ja päästöt
- sopeutuminen ilmastonmuutokseen
- veden kulutus
- elinkaarikustannukset
- terveelliset tilat ja sisäilman laatu.

Level(s) -raportointikehysten mittariluokat sopivat hyvin yhteen kaupallisten ympäristöluokitusten kanssa kuten LEED ja BREEAM. (Mikä on Level(s)? 2019.)

5 Putkiremontin vaikutus hiilijalanjälkeen

Rakennusten elinkaaren hiilijalanjälki syntyy rakennusmateriaalien valmistuksesta, kuljetuksesta, työmaatoiminnoista, kunnossapidosta ja korjauksesta, materiaalien vaihdosta, energian ja veden käytöstä sekä rakennuksen purkamisesta ja materiaalien loppukäsittelystä. (Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa 2017.)

Rakennuksen hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen panostamalla, valitsemalla tekniset ja toiminnalliset vaatimukset täyttäviä mahdollisimman vähähiilisiä rakennusmateriaaleja ja tuotteita sekä valitsemalla vähähiilisen energiamuodon. Lisäksi rakennuksen pitkällä käyttöiällä ja korjaustarpeen huomioimisella on merkittävä vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. (Kuittinen & Le Roux 2017.)

Perinteisesti rakennusten hiilijalanjälkeen on pyritty vaikuttamaan parantamalla energiatehokkuutta ja valitsemalla vähempi päästöisiä energiamuotoja. Rakennusten käytön aikaisten päästöjen vähentyessä korostuu muiden elinkaaren vaiheiden päästöjen merkitys. Energiatehokkaan rakennuksen voi rakentaa myös tekniset kriteerit täyttävistä pienemmän hiilijalanjäljen materiaaleista. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan putkiremontissa valittavien materiaalien vaikutusta rakennuksen elinkaaren päästövaikutuksiin.

5.1 Putkiremonttimenetelmät

Asuinkerrostalojen linjasaneeraus-korjaushankkeet, eli kansankielellä putkiremontit, voidaan jakaa karkeasti kahteen eri menetelmään: perinteiseen putkiremonttiin, jossa putket uusitaan, ja putkiston sisäpuoliseen saneerausmenetelmään, jossa putket saneerataan sisäpuolelta joko pinnoittamalla, putkittamalla tai sujuttamalla.

Perinteisessä putkiremontissa viemärit uusitaan yleensä niin, että uudet nousulinjat tulevat vanhoille paikoille, kylpyhuoneiden viemärihajotukset tehdään alakerran alaslasketun katon yläpuolelle ja pohjaviemäri joko uusitaan tai sukitetaan tapauskohtaisesti. Vesijohtot uusitaan putkiremontissa aina. Yleensä uudet vesijohtonousut eivät mahdu vanhoihin nousuhormeihin, uusien paksumpien eristeiden ja mahdollisten uusien sähköjohtojen takia, vaan vesijohtojen nousuhormeille haetaan uusi paikka esim. kylpyhuoneen

nurkasta. Perinteisessä menetelmässä kylpyhuoneita joudutaan purkamaan niin paljon, että ne yleensä uusitaan kokonaisuudessaan. Keittiöön tuodaan astianpesualtaalle uudet vesijohdot ja viemäri, minkä takia keittiön kaapistoja voi joutua muokkaamaan. Usein on järkevää uusita myös tele-, sähkö- ja antenniverkko putkiremontin yhteydessä.

Pinnoitusmenetelmiä on useita erilaisia, mutta nykyään yleisin tapa on viemäreiden sukitus. Sukituksessa vanhan putken sisäpinta puhdistetaan, jonka jälkeen vanhan putken sisään asennetaan epoksikyllästeinen kuitusukka paineilman avulla. Putki on kovetuttuun kantava. Sukitukselle luvataan yleensä 50 vuoden käyttöikä, joka on sama kuin uudella putkella. Pinnoitusmenetelmän yhteydessä vesijohdot voidaan uusita pinta-asenteisina ja koteloida asunnon kattoon. Uusi vesijohtonusuhormi voidaan sijoittaa esim. rappukäytävään. (Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot 2008.)

5.2 Terveellinen ja turvallinen sisäilma

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat olleet paljon uutisissa viime aikoina. Varsinkin päiväkotien ja koulujen sisäilmaongelmat ovat valitettavan yleisiä. Eduskunnan 2012 teettämän tutkimuksen mukaan riippuen rakennustyyppistä 3–26 prosentissa Suomen olemassa olevissa rakennuksissa on kosteus- ja mikrobivaurioita (Järnström ym. 2017). Kokemuksien perusteella ongelmia on vanhoissa rakennuksissa sekä juuri peruskorjatuissa rakennuksissa mutta myös aivan uusissa rakennuksissa.

Sisäilman laatua heikentävät tekijät liittyvät yleensä seuraaviin aiheisiin:

- rakenteiden epäpuhtaudet, kosteusvauriot rakenteissa ja niiden aiheuttamat mikrobikasvustot sekä rakenteiden puutteellinen ilmatiiveys
- VOC-yhdisteet eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet jotka ovat peräisin rakennus-, ja sisustusmateriaaleista
- kuitupäästöt ja muut epäpuhtaudet (tuloilma, tilan toiminta, kalusteet jne.)
- ilmanvaihdon toimivuuden ongelmat.

Yleisin sisäilmaongelman valituksia aiheuttava tekijä on kosteusvaurio ja siitä seurannut mikrobikasvusto. Toinen yleinen sisäilmaa heikentävä tekijä on puutteet ilmanvaihdon

toiminnassa. Ilmanvaihdon ongelmat voivat johtua huonosta suunnittelusta, virheellisestä toteutuksesta, vääränlaisesta käytöstä tai kunnossapidon laiminlyömisestä. VOC-päästöjen haitat ovat vähentyneet, koska markkinoilla on ollut jo yli 20 vuotta vähäpäästöisiä materiaaleja saatavilla. Uusien materiaalien ja niiden valmistukseen käytettävien kemikaalien myötä uusia ongelmia voi kuitenkin ilmaantua tulevaisuudessa. (Kotona sisäilmaongelma? 2019.)

5.3 Putkiremontin vaikutus vedenkulutukseen

Veden kulutusta ei ole Suomessa pidetty yleensä isona ongelmana, koska puhdasta vettä on meillä ollut runsaasti saatavilla. Globaalisti puhdas makea vesi on kuitenkin huoneva luonnonvara, mikä suomalaistenkin tulisi tiedostaa. Veden kulutuksen vähentämisellä on useita ympäristöetuja, esimerkiksi raakaveden hankinnan, puhdistuksen ja pumppaamisen tarve vähenee sekä jäteveden käsittelyn ja pumppaamiseen käytettävän energian tarve vähenee. Lisäksi lämpimän käyttöveden säästö tuo merkittäviä säästöjä lämmitysenergian kulutuksessa.

Asuinrakennuksen vedenkulutukseen asukasta kohti vaikuttavat mm. seuraavat asiat:

- asukasrakenne
- rakennuksen ikä tai peruskorjausvuosi
- putkiston kunto ja varustetaso
- veden painetasot
- vesikalusteiden ominaisuudet
- kulutus- ja käyttötottumukset
- kulutuksen seuranta ja huoneistokohtainen mittaus.

Ylä-Monosen (2017: 28) tekemän tutkimuksen mukaan vuonna 1982 rakennetun 72 huoneiston kerrostalon vedenkulutus oli pienentynyt vuonna 2010 tehdyn putkiremontin jälkeen vuositasolla jopa 45 prosenttia putkiremonttia edeltävän vuoden 6 056 kuutiometristä vettä vuonna 2016 käytettyyn 3 314 kuutiometriin verrattuna. Jos oletetaan lämpimän käyttöveden osuuden olevan 40 prosenttia kokonaisveden kulutuksesta, tulee lämpimän käyttöveden säästökseen noin 1 100 kuutiometriä vettä ja kylmälle vedelle säästökseen

tulee reilu 1 600 kuutiometriä vuosittain. Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytettävä energia voidaan laskea yhtälöllä 1.

$$Q = \frac{\rho C_p V (t_2 - t_1)}{3600} \quad (1)$$

Q on veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

ρ on veden tiheys (1000 kg/m³)

C_p on veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kgK)

V on veden kulutus (m³)

t_2 on lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C

t_1 on lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5 °C

3600 on yksikkömuunnoskerroin (kJ ->kWh)

Lämpimän käyttöveden kulutuksen pienentymisen ansiosta energian säästökseen saadaan kyseisessä kohteessa n. 64 200 kWh. Helenin myymän energian hiilidioksidipäästöt (Energian ominaispäästöt 2017) ovat olleet vuonna 2017

- sähkö 191 g/kWh
- lämpö 172 g/kWh
- jäähditys 61 g/kWh.

Kaukolämmöllä 1 100 kuutiometriä vettä lämmittämisestä aiheuttaisi Helenin alueella näin ollen 11 000 kg:n hiilidioksidipäästöt vuosittain. Lämpimän käyttöveden lämmittämisen päästöjen lisäksi tulevat vielä raakaveden puhdistamisesta ja pumppaamisesta aiheutuvat päästöt sekä jäteveden pumppaamisesta ja käsittelystä aiheutuvat päästöt. Näin ollen veden säästämisestä aiheutuvat päästöjen pienentymiset ovat varsin merkittävät.

Huoneistokohtainen veden mittaus on tullut pakolliseksi rakennuslupaa vaativissa putki-remonttihankeissa vuonna 2013 (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13). Uusissa rakennuksissa huoneistokohtainen vedenmittaus on ollut pakollista vuoden 2011 alusta alkaen (Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2010). Vuonna 2018 voimaan tulleessa ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteista sanotaan vesimittareista seuraavaa:

10 §

Vesimittarit

Kiinteistön vesimittarin on oltava paikassa, jossa se on helposti asennettavissa, luettavissa ja huollettavissa eikä se pääse jäätymään.

Rakennuksessa on oltava huoneistokohtaiset vesimittarit huoneistoon tulevan kylmän ja lämpimän veden mittaamiseen siten, että mittareiden osoittamaa vedenkulutusta on mahdollista käyttää laskutuksen perusteena. Huoneistokohtaisten vesimittareiden on sijaittava paikassa, jossa ne ovat helposti asennettavissa, huollettavissa ja luettavissa. (Asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 2017).

Huoneistokohtaisia vesimittareita ei kuitenkaan velvoiteta käyttämään veden käytön laskutuksen perusteena, mikä pienentää kulutuksen mittaamisesta seuraavaa vedenkulutuksen säästöä.

Bionova Consultingin tekemässä tutkimuksessa vertailtiin Oraksen ekologisten vesihana mallien (kuva 10) veden kulutusta verrattuna perushanojen (kuva 11) kulutukseen kahden keskimääräisesti vettä kuluttavan aikuisen kotitaloudessa. Tutkimuksessa oletettiin yhden aikuisen keskimääräiseksi vedenkulutukseksi 155 litraa päivässä, josta lämpimän käyttöveden osuus on 45 litraa. Tulokseksi Bionova Consulting sai ekologisille hanoille 26 prosenttia pienemmän kulutuksen kuumalle vedelle ja 29 prosenttia pienemmän kylmälle vedelle. Hanojen elinkaaren hiilidioksidipäästöt ovat Bionova Consultingin laskujen mukaan ekologisilla malleilla 26 prosenttia pienemmät. Oletettu elinkaari on 20 vuotta, jonka aikana kosketusvapaan pesuallashanan paristo on vaihdettu neljä kertaa sekä vi-puhanojen säätöosa-patruuna yhden kerran. Hanojen elinkaaren hiilijalanjälki muodostuu pääosin raakaveden käsittelystä, veden lämmittämisestä ja jäteveden puhdistamisesta. Tutkimuksen mukaan valmistusvaiheen päästöt ovat merkityksettömiä hanojen elinkaaripäästöissä. (Life-cycle impacts of Oras faucets)

Washbasin: Oras Optima 1714F touchless

Touchless washbasin faucet with flow controller.
Flow-rate at 300 kPa: 0.08 l/s (4.8 l/min). Water saving vs. single-lever faucets is approx 40 %.

Kitchen: Oras Vega 1838F

Single-lever kitchen faucet with eco-button for limiting flow-rate, which can be bypassed.
Flow-rate at 300 kPa: 0.26 l/s (15.6 l/min)
Eco-flow at 300 kPa: 0.10 l/s (6.0 l/min)

Shower: Oras Eterna + Oras Natura 6388

Thermostatic shower faucet with shower duration signal and eco-button in the hand shower.
Flow-rate at 300 kPa: 0.22 l/s (13.2 l/min)
Eco-flow at 300 kPa: 0.12 l/s (7.2 l/min) - default
Thermostatic faucet typically saves 27 % water, when compared to single-lever faucets.



Kuva 10. Tutkimuksessa käytetyt ekologiset hanat (Life-cycle impacts of Oras faucets)

Washbasin: Oras Safira 1010F

Single-lever wash basin faucet, flexible pipes.
Flow-rate at 300 kPa: 0.19 l/s (11.4 l/min).

Kitchen: Oras Safira 1030F

Single-lever kitchen faucet, flexible pipes.
Flow-rate at 300 kPa: 0.24 l/s (14.4 l/min).

Shower: Oras Safira 1075 + Oras Apollo 520

Single-lever shower faucet and shower set.
Flow-rate at 300 kPa: 0.26 l/s (15.6 l/min).



Kuva 11. Tutkimuksessa käytetyt perushanat (Life-cycle impacts of Oras faucets)

5.4 Käyttövesiputkien hiilijalanjälkivertailu

Rakennustuotteiden vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen ei ole kovin yksiselitteinen. Tuotteella, jolla on suuri valmistushiilijalanjälki, voi kuitenkin pitkäaikaiskestävyytensä tai energiankulutusta pienentävän vaikutuksensa ansiosta olla suotuisa vaikutus rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeen.

Vertailin kolmen eri vaihtoehtoisen putkimateriaalin - kuparin, komposiitin ja ristosilloitetun polyeteenin (PEX) -hiilijalanjälkeä Espoolaisessa kerrostalokohteessa. Kohde on kuusikerroksinen asuinrakennus, johon kuuluu kaksi rakennusta ja yhteensä 101 huoneistoa. Putkiston määrätiedot sain putkiurakoitsijan tekemästä massaluettelosta, jonka perusteella laskin jokaiselle putkimateriaalille menekin painoyksikössä. Massaluettelo oli tehty kupariputkelle. Komposiitti- ja PEX-putkien määrätiedot sain vaihtamalla kupariputkikoot pykälää suuremmiksi. Laskelmissa ei ole otettu huomioon PEX-putken suoja-putkea. Laskuista on jätetty pois tonttivesijohto.

Laskelmieni (liite 1) perusteella kuparisten käyttövesijohtojen valmistuksen (elinkaaren vaiheet A1–A5) hiilijalanjälki on n. 7 630 kgCO₂-ekv. Muutin kupariputket Uponorin komposiittiputkiksi valitsemalla pykälää suuremmat nimelliskoot, koska komposiittiputkella on paksumpi seinämä kuin kupariputkella. Tein saman vertailun myös Uponorin PEX-putkelle, samalla periaatteella valitsemalla pykälää suuremmat koot PEX-putken paksumman seinämän vuoksi. Rakennusmateriaalien päästötiedot, joita käytin, perustuivat ympäristöministeriön julkaisemaan rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnosversioon (liite 2).

Komposiittiputkien hiilijalanjäljeksi tulisi 2 218 kgCO₂-ekv. joka olisi n. 5 400 kgCO₂-ekv. pienempi kuin kupariputkella. Komposiittiputkien pienemmät hiilidioksidipäästöt vastaisivat yhdeksän keskivertokaksion vuosittaisista energiankulutuksesta aiheutuvia päästöjä (Oma energiankulutukseni 2019). Komposiittiputkien käyttö vesijohdoissa onkin viime aikoina yleistynyt paljon, ja siitä on tullut varteenotettava kilpailija kupariputkelle.

Komposiitti materiaalina tarkoittaa kahden tai useamman eri materiaalin yhdistelmää, jossa materiaalit eivät ole kuitenkaan liuenneina yhteen. Komposiittiputkessa käytetään

ytimeinä alumiinikerrosta, jonka molemmiin puolin on liimattuna PE-muovikerros. Komposiittiputken etuna on materiaalin keveys ja helppo asennettavuus puristusliitoksiin. (Uponor-komposiittikäsikirja 2018)

Mikäli käytettäisiin pelkästään PEX-putkea, olisi hiilijalanjälki 2 116 kgCO₂-ekv., joka on siis lähes sama kuin komposiittiputkilla. PEX-putken ominaisuudet ovat kuitenkin heikkommat kuin kuparilla ja komposiitilla, joten sitä käytetään vain esim. talojen välisissä putkissa eristetyissä putkielementeissä sekä kytkentäjohdoissa asennettuna suoja-putkeen joko lattian sisään tai alas lasketun katon yläpuolelle. PEX-putkien etu ja syy miksi niitä käytetään kytkentäjohdoissa, on vaihdettavuus. PEX-putki voidaan asentaa rakenteen sisään suoja-putkeen ja se on edelleen vaihdettavissa rakenteita purkamatta.

Kupariputkea on käytetty vesijohdoissa jo yli sata vuotta, ja se on vesijohdoissa käytetyistä materiaaleista tutkituin. Kupariputken hyviä puolia on mm. kuparin 100-prosenttinen kierrätettävyys ja sen kestävyys eri olosuhteissa. Kuparissa ei tapahdu rakenteellisia muutoksia ikääntyessään. Monen mielestä kupari on myös esteettisesti miellyttävä. Lisäksi kupari on biostaattinen materiaali, eli vähentää mikrobikasvustoa luonnostaan. Kuparin heikkous on se, ettei sitä voida käyttää vesijohdoissa aivan joka puolella. Suomessa on alueita, joissa vesijohtovesi on laadultaan ”aggressiivista” ja aiheuttaa kupariputkissa korroosiota. (Copper Alliance 2019.)

Kupariputken suurelta tuntuvaa hiilijalanjälkeä keventää kuparin hyvä kierrätettävyys. Cuporin Porissa valmistamassa kupariputkessa käytetään raaka-aineena lähes 100-prosenttisesti kierrätyskuparia. Pia Voutilaisen mukaan (Scandinavian Copper Development Association) Porissa valmistetun kupariputken hiilijalanjälki on vain viisi prosenttia verrattuna neitseellisestä raaka-aineesta valmistettuun kupariputkeen (Voutilainen 2019).

5.5 Viemäriputkien hiilijalanjälkivertailu

Vertasin saman espoolaisen rakennuskohteen viemäriputkien materiaalipäästöjä samalla tavoin kuin käyttövesiputkien päästöjä (liite 1). Laskin massatietojen perusteella, kuinka paljon rakennukseen meni erikokoisia viemäreitä, ja sen perusteella laskin, kuinka monta kilogrammaa menisi valurautaviemäriä, Uponorin Decibel-viemäriä ja pe-

rus-muoviviemäriä Uponor-kiinteistöviemäriä (HTP). Laskuista on jätetty pois pohjaviemäri, joka tehdään aina muoviputkella polypropeenista (PP) tai polyvinyylikloridista (PVC), sekä kuivakaivoissa ja pesukoneiden viemäröinneissä käytettävä dn32 PP-viemäriputki, joka asennetaan lattiavaluun.

Mikäli viemärit tehtäisiin valuraudasta, tulisi valurautaviemäriä yhteensä 4 833 kg. Ympäristöministeriön julkaisemaan rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnosversion materiaalitietojen perusteella (liite 2) 1 kg:n rautaa hiilijalanjälki on 2,053 kgCO₂-ekv. Näin valurautaviemäreiden hiilijalanjäljeksi tulee 9 922 kgCO₂-ekv.

Uponorin Decibel-viemäriä kohteeseen menisi 818 kg. Koska decibel-viemäri on materiaailtaan polypropeenaa ja modifioitua polypropeenaa, laskin hiilijalanjäljen arviointityökalun materiaalitietojen (liite 2) antamalla hiilijalanjäljellä muoviputkelle. Hiilijalanjäljeksi decibel-viemäriä tulisi 1 774 kgCO₂-ekv. Decibel-viemäriä hiilijalanjälki olisi näin ollen noin 8 000 kgCO₂-ekv. pienempi kuin valurautaviemäriä. Perus-kiinteistömuoviviemäriä (HTP) hiilijalanjäljeksi tulisi 1 080 kgCO₂-ekv. Heikon ääneneristävyytensä johdosta muoviviemäri vaatisi muita rakennus-/rakenteellisia toimenpiteitä sen verran enemmän, että korjausrakentamisessa se on jäänyt käytöstä pois lähes kokonaan.

5.6 Korjaustyömaan hiilijalanjälki

Korjaustyömaan hiilijalanjälki muodostuu korjaustyön aikana käytetystä energiasta, vedestä ja rakennusjätteiden syntymisestä. Työmaan päästöihin lasketaan mukaan myös tarvittavien väliaikaisten työmaatilojen kuten työmaaparakkien aiheuttamat päästöt. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, luonnos lausuntokierrosta varten 2018.)

Ympäristöministeriön Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmän luonnoksessa lausuntokierrosta varten on esitetty, että rakennustyömaan hiilijalanjälki tarkennetulla menetelmällä lasketaan rakennustöihin kuluneiden energian ja polttoaineiden todelliseen kulutukseen perustuvien päästöjen mukaisesti. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, luonnos lausuntokierrosta varten 2018.)

Yksinkertaistetussa menetelmässä korjaustyömaan hiilijalanjäljen laskennassa sovelletaan samoja taulukkoarvoja kuin uudisrakennustyömaan hiilijalanjäljen laskennassa. Rakennustyömaan hiilijalanjäljen laskemisessa käytetään taulukkoarvoa 27,3 kgCO₂-ekv. lämmitettyä nettoalaa (m²) kohden. Taulukkoarvo on keskiarvo aikaisemmin Suomessa tehdyistä rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmista. Lisäksi taulukkoarvoon on lisätty 20 prosentin varmuuskerroin. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, luonnos lausuntokierrosta varten 2018.)

5.7 Korjauksesta syntyvän rakennus- ja purkujätteen jatkokäsittely ja uudelleen käytön mahdollisuudet

Luonnonvarojen tehokkaan, harkitun ja järkevän käytön kannalta jätehuollon toimivuus on ehdottoman tärkeässä roolissa. Tehokkaalla kiertotaloudella saavutetaan pitkän aikavälin kilpailukyvyyn edistämistä ja uusia taloudellisia mahdollisuuksia. Jätteen arvostaminen resurssina voi myös pienentää ulkopuolisen tuonnin riippuvuutta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä (EU) 2018/851 ohjeistetaan rakennusjätteen kierrätystä seuraavalla tavalla:

Jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä edistääkseen valikoivaa purkamista, jotta voidaan mahdollistaa vaarallisten aineiden poistaminen ja turvallinen käsittely ja helpottaa uudelleenkäyttöä ja laadukasta kierrätystä materiaalien valikoivalla poistamisella, sekä varmistaakseen rakennus- ja purkujätteen lajittelujärjestelmien perustamisen ainakin puun, mineraalifraktioiden (betoni, tiilet, laatat ja keramiikka, kivet), metallin, lasin, muovin ja kipsin osalta. (EU 2018/851)

Eräässä vuonna 1972 valmistuneessa putkiremonttikohteessa Helsingin kantakaupungissa rakennuksen purkujätteestä jopa 71 prosenttia menee kaatopaikalle asbestijätteenä, noin 23 prosenttia purkujätteestä on sekalaista rakennusjätettä ja loput kuusi prosenttia on puhdasta puujätettä.

Asbestijätteen suurta osuutta selittää se, että asbestia on käytetty varsin runsaasti erityisesti 60- ja 70-luvuilla eri rakennusmateriaaleissa ja -tuotteissa. Asbestin käyttö kiellettiin kokonaan vasta vuonna 1994. Asbestia on käytetty mm. seuraavissa rakennusmateriaaleissa:

- lämpöeristeet: putket, kattilat ja varaajat
- ruiskutetut eristeet: sisäkatot ja ilmanvaihtokanavat
- bitumituotteet: liimat, huopakatteet ja vesieristeet
- asbestisementtituotteet: seinä- ja kattolevyt, vesi- ja viemäriputket ja ilmanvaihtokanavat
- lattiamateriaalit: vinyylisasbestilaatat, joustovinyylimatot ja magnesiainmassalattiat
- muut: tasoitteet, laastit, maalit, liimat ja asbestipahvit (Tietoa asbestista 2016).

Asbestijätettä ei käsitellä eikä kierrätetä ollenkaan, vaan se haudataan maahan asbestin loppusijoittamiseen tarkoitetulla kaatopaikalla.

Sekalainen rakennusjäte toimitetaan rakennusjätteiden kierrätykseen erikoistuneelle jätteenkäsittelylaitokselle. Käsittelylaitoksella rakennusjäte jaotellaan eri raaka-aineiksi, kuten kivi-aines, metallit, puu ja muovit. Raaka-aineista joko jatkojalostetaan uusia tuotteita tai kierrätykseen kelpaamaton materiaali käytetään polttoaineena energiantuotannossa.

Rakennusjätteestä erotellut metallit päätyvät jatkojalostukseen. Vanhoista kattuhuovista voidaan valmistaa asfalttia. Kierrätysbetonista ja -tileistä Rudus valmistaa Betoroc-murskettä, joka soveltuu maarakentamiseen. Betorocilla voidaan korvata sora- ja kalliomurskeita infrarakentamisessa (Rudus 2019). Rakennusjätteen käsittelyyn erikoistunut Destaclean mm. prosessoi muovi- ja kartonkijätteestä kierrätyspolttoainetta energiantuotannon raaka-aineeksi. Destacleanin puukivi on uusi innovaatio, jossa kierrätyspuukuidulla korvataan osa betonin kiviaineksesta. Puukivestä valmistetaan mm. pihakiviä ja reuna-kiviä. Puukivi on ekologisempi ja kevyempi kuin perinteiset betonituotteet. (Destaclean 2019.)

Betonille suunnitellaan tulevaisuudessa korvaajaksi geopolymeeriä, jonka valmistus kuormittaa luontoa jopa 80 prosenttia vähemmän kuin betonin valmistus. Yhtenä raaka-aineena geopolymeerin valmistuksessa käytetään kierrätysmineraalivillaa. Mineraalivillalle ei aikaisemmin ole ollut juurikaan kierrätysvaihtoehtoja. Geopolymeeri on betoninomainen aine, ja sen puristuslujuus voi olla jopa suurempi kuin betonilla. Geopolymeerin valmistukseen voidaan hyödyntää teollisuuden, kuten terästehtaiden ja kaivosten pii- ja alumiinipitoisia jätteitä. (Mainio 2016.)

5.8 Korjauksen vaikutukset hiilijalanjälkeen

Suurimman osan rakennusten ja rakentamisen kasvihuonekaasupäästöistä synnyttää rakennusten energiankulutus. Usein rakennusten käyttämä energia on peräisin fossiilisista polttoaineista, ja sen takia energiaa säästävillä ja uusiutuvaa energiaa tuottavilla toimenpiteillä korjauksen yhteydessä on merkittävimmät vaikutukset hiilijalanjäljen pienentämiseen.

Rakennusten elinkaaritekniikasta on tullut kestävän kehityksen periaatteen myötä, kansainvälisesti rakentamisen keskeinen kehittämisen kohde. Suomen rakentamismääräyksissäkin veloitetaan korjaushankkeen yhteydessä parantamaan energiatehokkuutta.

2 § Energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu

Korjaus- tai muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennuksesta hankkeen laajuuden ja päättämensä tavan mukaisesti. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013.)

5.9 Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

Rakennus jatkaa elämäänsä purkamisensa jälkeenkin raaka-aineina, joista voidaan valmistaa tuotteita tai energiaa rakennussektorin tai muiden toimialojen tarpeisiin. Rakennus on vuorovaikutuksessa valtakunnallisen energijärjestelmän kanssa ja voi esimerkiksi myydä tuottamaansa ylijäämäsähköä sähköverkkoon.

Kaikki rakennuksesta poistettava materiaali on standardin (EN 15804+A1) mukaan lähtökohtaisesti jätettä. Elinkaaren ulkopuolisten vaikutusten näkökulmasta oleellista onkin milloin purkamisesta syntynyt jäte lakkaa olemasta jätettä. Standardin mukaan rakennusjätteestä lajitellut ja jalostetut raaka-aineet ovat jätettä, kunnes viranomainen antaa hyväksynnän ja käyttöluvan eli "End of Waste" -statuksen, minkä jälkeen raaka-aineen uusiokäyttö on mahdollista.

Suomessa korjausrakentamisesta syntyvän rakennusjätteen kierrätysaste on alle 30 prosenttia, mikä on heikko tulos verrattuna EU-maiden keskiarvoon, joka on n. 50 prosenttia. Suomen huono kierrätysaste johtuu pitkälti siitä, että rakennusjäte, joka on suurelta osin puujätettä, päättyy polttoon ja siten energian tuotantoon. (End of Waste – Rakennusjätteelle uusi elämä tuotteina ja raaka-aineina 2017.)

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössäni pyrin perehtymään putkiremontin tuomiin mahdollisuuksiin pienentää rakennuksen elinkaaren aikaisia hiilidioksidipäästöjä. Perehdyin aiheeseen lukemalla aikaisempia tutkimuksia aiheesta ja alan kirjallisuutta. Tein myös laskelmia eri putkimateriaalien aiheuttamista päästöistä ja vertailin niiden vaikutuksia isohkossa 101 asunnon asuinkerrostalossa. Opinnäytetyön aiheen laajuus aiheutti haasteita. Opinnäytteeni tutkimuskohde onkin muuttunut työn edetessä useaan kertaan. Tarkoitukseni oli alun perin vertailla kaikkia putkiremontissa käytettäviä tuotteita ja löytää niistä pienipäästöisimmät vaihtoehdot. Tämä osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, koska rakennustuotteista vain pienellä osalla on laskettuna elinkaarianalyysiin perustuvia ympäristövaikutuksia. Tähän asiaan toivottavasti tulee parannusta tulevaisuudessa, ja asiakkaat voivat vertailla ja valita tuotteita myös ympäristönäkökulma huomioiden.

Tutkimukseni mukaan suurin mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentämiseen putkiremontilla on edelleen energiatehokkuuden parantamisessa. Energiatehokkuutta parantavat kaikki toimenpiteet, jotka pienentävät rakennuksen energian kulutusta.

Suurin osa rakennuksen energiantarpeesta aiheutuu rakennuksen lämmittämisestä. Sen takia lämmitystarvetta vähentävillä toimenpiteillä on suuri merkitys. Lämmitysenergian tarvetta voidaan pienentää rakenteellisilla parannuksilla varmistamalla ilmanvaihdon, lämpimän käyttöveden ja lämmitysjärjestelmän oikeanlainen toiminta. Rakenteellisia parannuksia on esim. rakennuksen tiiveyden parantaminen ja lisäeristäminen. Rakenteiden parempi tiiveys vähentää lämpimän ilman ulos vuotamista. Remontin yhteydessä on hyvä kartoittaa mahdollisuudet lisäeristämislle, esim. rakennuksen yläpohjaan voi olla helppoa ja kannattavaa asentaa lisäeristettä. Itselleni oli yllätys, että parvekkeiden lasituksella voidaan saavuttaa niinkin suuret säästöt lämmityskuluissa. Varsinkin jos huoneiston korvausilma otetaan ”esilämmitetystä tilasta” eli lasitetulta parvekkeelta, voi lämmitystarpeen säästö olla jopa 10 prosenttia.

Lämmitysjärjestelmän perussäädöllä saadaan aikaiseksi tasaisemmat ja halutut lämpötilatasot rakennuksessa. Oikeat lämpötilat kodin eri tiloissa parantavat asumismukavuutta. Oikeat lämpötilat rakennuksen eri tiloissa vähentävät tuulettamisen tarvetta, mikä

pienentää koko rakennuksen lämmityksen tarvetta. Yhden asteen lämpötilan laskemisella saavutetaan 5 prosentin säästö lämmityskustannuksissa.

Ilmanvaihdon toimiessa oikein varmistetaan, että rakennuksessa on terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta keskeisiä tekijöitä ovat sen mitattavuus ja ohjattavuus. 1970-luvun rakennuksissa on yleensä koneellinen poistoilmanvaihto. Koneellisen poistoilmanvaihdon kohteiden korjaushankkeissa tulisi aina selvittää poistoilman lämmöntalteenoton mahdollisuus.

Putkiremontilla on oleellinen vaikutus vedenkulutuksen pienenemiseen. Ylä-Monosen tekemän tutkimuksen mukaan putkiremontti voi pienentää veden kulutusta jopa puolella. Vedenkulutuksen pienenemiseen vaikuttavat huoneistokohtainen veden mittaaminen, putkiston optimaalinen mitoitus oikean vedenpaineen saavuttamiseksi ja vähemmän vettä kuluttavat modernit vesikalusteet.

Rakennusmateriaalien päästöjen merkitys kasvaa koko ajan, kun rakennetaan entistä energiatehokkaampaa rakennuskantaa. Laskelmieni perusteella muovisilla putkimateriaaleilla on pienempi valmistuksen hiilijalanjälki kuin metallisilla, mutta metallit on helppo kierrättää ja metalliputket voidaan usein myös valmistaa kierrätetystä raaka-aineesta. Näiden materiaalien vertailu ei ole kovin yksinkertaista. Suurempipäästöisen tuotteen valmistuksen korkeat päästöt on nopeasti kompensoitu, jos kyseisellä tuotteella saavutetaan esim. pidempi elinkaari rakennukselle.

Tulevaisuudessa on yhä enemmän pyrittävä edistämään kiertotaloutta. Rakennukset ja suuret korjaukset tulisi suunnitella niin, että niissä käytettävät rakennusmateriaalit ovat tulevaisuudessa vähitellen täysin kierrätettäviä. Lisäksi tarvitsemme uusia innovaatioita hyödyntämään nykyistä rakennusjätettä entistä tehokkaammin.

Lähteet

Ahola, Riina & Liljeström, Kimmo. 2018. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratiloissa. Verkkoaineisto. ARA. <https://www.ara-hankepankki.fi/project/get_file/483/dcd1cc0c7822c637/download>. Luettu 16.1.2019.

Alatalo, Elina. 2012. Hurmaava lähiö – Energiatehokas lähiökorjaaminen –hankkeen loppujulkaisu. Tampereen teknillinen yliopisto.

Alahuhta, Matti. 2009. Verkkoaineisto. Kaupungista kestävä! . tekniikka & talous. <<https://archive.vn/20120526064003/www.tekniikkatalous.fi/Ilmastopuntari/article352599.ece?s=u&wtm=tt-30112009#selection-1199.0-1199.29>>. Luettu 2.1.2019.

Anderson, Albert; Kiuru, Jari; Lylykangas, Kimmo; Nieminen, Jyri & Päätaalo, Juha. 2016 Rakenteellinen energiatehokkuus. Eristeollisuus ja Ympäristöministeriö.

Asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2018. 132/1999. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Copper Alliance. 2019. Verkkoaineisto. European copper institute. <<https://copperalliance.eu/>>. Luettu 8.3.2019.

Destaclean. 2019. Verkkoaineisto. Destaclean Oy. < <http://www.destaclean.fi/>>. Luettu 11.3.2019

End of Waste - Rakennusjätteelle uusi elämä tuotteina ja raaka-aineina. 2017. Verkkoaineisto. Sitra. < <https://www.sitra.fi/caset/end-waste-rakennusjatteelle-uusi-elama-tuotteina-ja-raaka-aineina/>>. Luettu 15.2.2019.

Energian ominaispäästöt. 2017. Verkkoaineisto. Helen Oy. < <https://www.helen.fi/yri-tys/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot/>>. Luettu 6.3.2019.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844.

Heljo, Juhani; Mattinen, Maija & Savolahti, Mikko. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050. Verkkoaineisto. SYKE. < https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/166673/SYKEra_35_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Luettu 23.1.2019.

Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. < <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>>. Luettu 2.1.2019.

Hiilikädenjälki. 2018. Sitra, tulevaisuussanasto. Verkkoaineisto. < <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilikadenjalki/>>. Luettu 14.12.2018

Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin kaupungin keskushallinto. < <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf>>. Luettu 8.3.2019.

Hiilinieluista huolehtiminen. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. < <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/7c821f90-9605-4f9d-827b-894301c1e009/hiilinieluista-huolehtiminen.html>>. Luettu 5.1.2019.

Hilliaho, Kimmo. 2010. Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Häkkinen, Tarja; Korhonen, Marja-Riitta; Myllymaa, Tuuli; Ruuska, Antti; Vares, Sirje. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. < http://www.ym.fi/download/YMra82013_Rakennusmateriaalien_ymparistovaikutukset/1faf46b2-2649-41ed-b3aa-5ea789c9512f/37571> Luettu 15.2.2019.

Ilmastonmuutos - mistä on kyse?. 2016. Verkkoaineisto. Helsingin Yliopisto. <<https://mooc.helsinki.fi/course/view.php?id=26#section-1>>. Luettu: 14.12.2018

Järnström, Helena; Saari, Mikko & Koivusaari Risto. 2017. Sisäilman laadun hallinta rakennushankkeen eri vaiheissa. Verkkoaineisto. < <http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ajankohtaista/ajankohtaista-liitteet/2018/vtt-s-06675-17-rt-sisailman-laadunhallinta-191217.pdf>>. Luettu 8.2.2019.

Kangas, Hanna-Liisa. 2012. WWF selvitti: Näillä kulutusvalinnoilla vaikutat eniten hiilijalanjälkeesi. Verkkoaineisto. WWF. < <https://wwf.fi/wwf-suomi/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/WWF-selvitti--Nailla-kulutusvalinnoilla-vaikutat-eniten-hiilijalanjalkeesi-1382.a>>. Luettu 14.12.2018

Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. KH 90-00403. Rakennustietosäätiö RTS.

Korjausrakentamisbarometri / Syksy 2018. Verkkoaineisto. Kiinteistöliitto. <https://www.kiinteistoliitto.fi/media/3426/korjausrakentamisbarometri_syksy_2018.pdf>. Luettu 4.1.2018

Korjausrakentamisen käsitteitä. 2015. Verkkoaineisto. kulttuuriympäristömme.fi. <http://www.rakennusperinto.fi/fi-FI/Tutki_ja_tutustu/Kasitteita/Korjausrakentamisen_kasitteita>. Luettu 3.1.2019.

Korjaustöiden laatu 2011. 2011. KL-6019. Rakennustieto Oy.

Kotona sisäilmaongelma? 2019. Verkkoaineisto. Hengityслиitto. <<https://www.hengityслиitto.fi/fi/hengityssairaudet/sisailmasta-oireilevat-ja-sairastavat/nain-selvitat-sisailmaongelmia/kotona>>. Luettu 8.3.2019.

KTI vastuullisuusbarometri 2018. Verkkoaineisto. KTI Kiinteistötieto Oy. <https://kti.fi/wp-content/uploads/KTI_vastuullisuuskatsaus-2018_web.pdf>. Luettu 5.2.2019.

Kuittinen, Matti & Le Roux, Simon. 2017. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Laitinen, Jussi. 2013. Pieni suuri energiakirja. 4. painos. Helsinki. Into Kustannus Oy.

Life-cycle impacts of Oras faucets. Bionova Consulting. Yrityksen sisäinen dokumentti. Oras Oy.

Luukka, Teemu. 2018. Uusi laskelma arvioi metsien hiilinielun aiempaa suuremmaksi. Helsingin Sanomat 13.12.2018, s. A 26.

Mainio, Tapio. 2016. Oulun yliopisto aikoo tehdä jätteistä betonia. Verkkoaineisto. Kauppalehti. <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/oulu-yliopisto-aikoo-tehda-jatteista-betonia/a444776d-a117-3f9b-a5db-e9dcb6f8a25a>>. Luettu 11.3.2019.

Metsien hiilinielut. 2018. Maa- ja metsätalousministeriö. Verkkoaineisto. <<https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsien-hiilinielut>>. Luettu 14.12.2018

Mikkonen, Minttu & Pelli, Petja. 2019. Ruotsista mallia ilmastotekoihin. Helsingin sanomat 25.1.2019, s. A20–21.

Mikä on Level(s)?. Verkkoaineisto. Green Building Council Finland. <<http://figbc.fi/levels/>>. Luettu 7.2.2019.

Oma energiankulutukseni. 2019. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/asiaspalvelu/kodit/energiankayton-neuvonta/oma-energiankulutukseni/>>. Luettu 5.3.2019

Perkiömäki, Petri. 2018. LVI-tekniikka ja viranomaisohjaus, Rakennuslupa. Luentomonieste. Helsingin kaupunki, Rakennusvalvonta.

Pitkän aikavälin peruskorjausstrategian laatiminen käyntiin. 2019. Verkkoaineisto. Talotekniikka-lehti. <<https://talotekniikka-lehti.fi/pitkan-aikavalin-peruskorjausstrategian-laatiminen-kayntiin/>>. Luettu 12.3.2019.

Q2AMedia. 2012. Oma hiilijalanjälki. Kustannusosakeyhtiö Perhemediat Oy.

Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>>. Luettu 4.1.2019.

Rakennuskanta 2017. 2018. Verkkoaineisto. Suomen virallinen tilasto. <https://www.stat.fi/til/rakke/2017/rakke_2017_2018-05-25_kat_002_fi.html>. Luettu 3.1.2019.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, luonnos lausuntokierrosta varten. 2018. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=9517>>. Luettu 8.2.2019.

Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. 2014. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Luettu 16.1.2019.

SFS-EN 15804+A1. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. 2014. Kestävä rakentaminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Suomen kasvihuonepäästöt 2017. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_kat_001_fi.html>. Luettu 2.1.2019.

Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. 2017. Verkkoaineisto. Bionova. <<http://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B4B3172BC-4F20-43AB-AA62-A09DA890AE6D%7D/129197>>. Luettu 4.1.2019

Tietoa asbestista. 2016. Verkkoaineisto. Asbestikartoitus Oy. <<http://www.asbestikartoitus.fi/tietoa-asbestista/>>. Luettu 11.3.2019.

Uponor-komposiittikäsikirja. 2018. Verkkoaineisto. Uponor Suomi Oy. <<https://www.uponor.fi/UponorInternet/DirectDownload?did=CD161FCE39DB4F7BB1B5C59C41C4E4D1>>. Luettu 6.3.2019.

Vatanen, Saija. 2016. Yritysten positiivisten ympäristövaikutusten viestintään kehittäään Hiilikädenjälki-työkalu. Verkkoaineisto. <<https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/hii-lik%C3%A4denj%C3%A4lki-ty%C3%B6kalu>>. Luettu 14.12.2018

Voutilainen, Pia. Johtaja. Scandinavian Copper Development Association. Keskustelu. 7.3.2019.

Vuori, Pekka & Kaasila, Marjo. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin ja Helsingin seudun väestöennuste 2018-2050. Helsingin kaupunki. <https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisu/pdf/18_10_30_Tilastoja_18_Vuori_Kaasila.pdf>. Luettu 2.1.2019.

Ylä-Mononen, Tuomas. 2017. Huoneistokohtainen vedenkulutus ja seuranta. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjauks- ja muutostöissä. 2013. 958/2012.

Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemäri-laitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. 2010. 132/1999.

Putkien hiilidioksidipäästölaskut



Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökulun luonnos
Luonnos lusuuntolierrosta varten 16.11.2018

Luettelo

Syötä rakennuksen materiaalien paino alla olevaan listaan esim. määriluvutteen pohjalta laskeen. Hiilijalanjäljen ja -läädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrit on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otakkeen alle Lisää rivi -napilla.

Lettera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	kgCO ₂ e	Hiilijalanjälki	kgCO ₂ e	Hiilijalanjälki
Toistit (1.1. Alueosat)								
Total					0		0	
Karisevat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Tallo-osat)								
Total					0		0	
Valjopa (1.2.4-1.2.6 Tallo-osat)								
Total					0		0	
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)								
Total					0		0	
Talotekniikka (2.1-2.4 Talo-osat)								
Vesijohdot	Kupariputki	METALLI	Kupari	2 807 kg		7 630		0
Vesijohdot	komposittiputki	LVI OSAT	Putki, kompositit	1 130 kg		2 218		0
Vesijohdot	PEX putki	MUOVIT ja KUMIT	PEX	1 151 kg		2 116		0
Viemäri	Valurautaviemäri	METALLI	Rauta	4 833 kg		9 922		0
Viemäri	Muoviviemäri Decibel	LVI OSAT	Putki, muovil	818 kg		1 774		0
Viemäri	Muoviviemäri RTP	LVI OSAT	Putki, muovil	498 kg		1 060		0
Total						24 740		0
Kaikki materiaalit yhteensä								
						24 740		0

101 huoneistaisen asuinkerrostalon putkimassat. Kolme eri materiaalivaihtoehtoa

viemärit dn	muoviviemäri uponor decibel (Modifoitu PP)		muoviviemäri Uponor HTTP (PP)		valurautaviemäri SMU SG		määrä (m)
	kg		kg		kg		
200		0		0	23,333	0,000	
150	3,895	15,58	1,45	5,8	14,267	57,067	4
100	1,613	535,516	0,988	328,016	8,500	2822,000	332
70	0,733	266,812	0,449	163,436	5,367	1953,467	364
50	0,482	0	0,15	0	4,167	0,000	
yhteensä		817,908		497,252		4832,533	

Vesijohdot (kg/m)			Uponor			Uponor Aqua pipe			määrä (m)
d x e	kupari	kg	d x e	komposiitti	kg	d x e	(PEX)	kg	
12 x 1,0	0,309	1161,84	16 x 2,0	0,118	443,68	15 x 2,5	0,094	353,44	3760
15 x 1,0	0,393	40,872	16 x 2,0	0,118	12,272	18 x 2,5	0,116	12,064	104
18 x 1,0	0,477	36,252	20 x 2,25	0,16	12,16	22 x 3,0	0,17	12,92	76
22 x 1,0	0,59	733,37	25 x 2,5	0,24	298,32	28 x 4,0	0,289	359,227	1243
28 x 1,2	0,903	396,417	32 x 3	0,32	140,48	32 x 4,4	0,38	166,82	439
35 x 1,5	1,41	42,3	40 x 4,0	0,508	15,24	40 x 5,5	0,592	17,76	30
42 x 1,5	1,71	71,82	50 x 4,5	0,746	31,332	50 x 6,9	0,923	38,766	42
54 x 1,5	2,21	221	63 x 6,0	1,224	122,4	63 x 8,7	1,459	145,9	100
64 x 2,0	3,43	102,9	75 x 7,5	1,788	53,64	63 x 8,7	1,459	43,77	30
yhteensä		2806,771			1129,524			1150,667	

Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos

Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018



Materiaalitiedot

© VTT 2018. Testausvaiheen geneerinen päästötaulukko perustuu VTT:n eri lähteistä kokoamiin ja arvioimiin tuloksiin. Arvot on koottu siten, että ne kattavat elinkaaren vaiheet A1 - A5 (vaiheessa A5 vain arvioidun hukan osalta). VTT:llä on yksinomainen omistus- ja tekijänoikeus kokonaistaulukkoon. Taulukkoa saa käyttää testaamiseen eikä sitä saa muuttaa, käyttää eikä luovuttaa käytettäväksi muuhun tarkoitukseen ilman VTT:n nimenomaista suostumusta. Taulukko on tarkoitettu vain menetelmän testausvaiheeseen eikä VTT ota vastuuta siihen sisältyvien tietojen oikeellisuudesta.

Materiaali	Hiilija lanjälki	Hiilikädenjälki	Yksikkö
BETONI			
Betoni, lattiabetoni (35)	0,155	0,00	CO ₂ e/kg
Betonikuori 100 mm+musta teräs	0,191	0,00	CO ₂ e/kg
Betonikuori 150 mm+musta teräs	0,193	0,00	CO ₂ e/kg
Betonikuori 80 mm+musta teräs	0,190	0,00	CO ₂ e/kg
Betoniuulkuori+ruostumaton teräs	0,211	0,00	CO ₂ e/kg
Elementti, betoniväliseinä	0,202	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 16/20 Mpa	0,111	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 20/25 Mpa	0,118	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 25/30 Mpa	0,125	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 28/35 Mpa	0,133	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 32/40 Mpa	0,146	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni 40/50 Mpa	0,167	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni, pihalaatta	0,137	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni, kattotili	0,152	0,00	CO ₂ e/kg
Betoni, harkko	0,101	0,00	CO ₂ e/kg
Kevytbetoni, harkko (siporex)	0,291	0,00	CO ₂ e/kg
ERISTE			
Eriste, EPS	3,407	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, kierrätyspaperi 45 kg/m ³	0,222	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, kierrätyspaperi, 55 kg/m ³	0,222	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, kierrätyspaperi, puhallus 35 kg/m ³	0,218	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, lasivilla, erikoisjäykkä 100 kg/m ³	1,530	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, lasivilla, pehmeä 45 kg/m ³	1,530	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, polyuretaani, 40 kg/m ³	4,354	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, polyuretaani, 60 kg/m ³	4,354	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, vuorvilla, erikoisjäykkä, 100 kg/m ³	1,026	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, vuorvilla, pehmeä 35 kg/m ³	1,026	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, vuorvilla, puhallusvilla, 15 kg/m ³	1,006	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, vuorvilla, tuulensuoja, 65 kg/m ³	1,026	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, XPS, 50 kg/m ³	3,407	0,00	CO ₂ e/kg
Eriste, tuulensuoja, lasivilla, 75 kg/m ³	1,153	0,00	CO ₂ e/kg
METALLI			
Alumiini	2,338	0,00	CO ₂ e/kg
Kupari	2,718	0,00	CO ₂ e/kg
Sinkki	3,109	0,00	CO ₂ e/kg
Galvanoitu teräs	2,757	0,00	CO ₂ e/kg
Ruostumaton teräs	4,758	0,00	CO ₂ e/kg

Rauta	2,053	0,00	CO2e/kg
MUOVIT ja KUMIT			
Bitumi	0,334	0,00	CO2e/kg
EPDM	2,694	0,00	CO2e/kg
EPS	3,306	0,00	CO2e/kg
MF (melamiini, laminaatti)	4,623	0,00	CO2e/kg
PA (nylon)	7,238	0,00	CO2e/kg
PC (polykarbonaatti)	4,168	0,00	CO2e/kg
PE-HD	1,838	0,00	CO2e/kg
PE-LD	1,908	0,00	CO2e/kg
PE-MD	1,828	0,00	CO2e/kg
PET	2,228	0,00	CO2e/kg
PEX	1,838	0,00	CO2e/kg
PMMA (akryyli, sheet)	4,808	0,00	CO2e/kg
PP	1,668	0,00	CO2e/kg
PS (polystyreeni)	3,430	0,00	CO2e/kg
PUR (polyuretaani)	2,938	0,00	CO2e/kg
PVC	2,028	0,00	CO2e/kg
XPS	2,588	0,00	CO2e/kg
KOSTEUSERISTE			
Kosteussulku	3,000	0,00	CO2e/kg
KATE			
Kate, betonikattotiili	0,163	0,00	CO2e/kg
Kate, aluskermi, 2,4 kg/m ²	5,489	0,00	CO2e/m ²
Kate, bitumikattolaatta, 8,5 kg/m ²	19,494	0,00	CO2e/m ²
Kate, bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	12,628	0,00	CO2e/m ²
Kate, kupari	2,104	0,00	CO2e/kg
Kate, teräs, sinkitty	2,750	0,00	CO2e/kg
Kate, teräs, sinkitty ja maali	2,910	0,00	CO2e/kg
LAATTA			
Laatta, betoni + teräkset	0,155	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 150	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 200	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 265	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 320	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 400	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, ontelolaatta, 500	0,178	0,00	CO2e/kg
Laatta, TT	0,222	0,00	CO2e/kg
Liittolaatta	0,372	0,00	CO2e/kg
PÄÄLLYSTE			
Lattiapäällyste, muovimatto	1,396	0,00	CO2e/kg
Lattiapäällyste, parketti + alusrak.	0,643	0,00	CO2e/kg
Lattiapäällyste, linoleum	0,388	0,00	CO2e/kg
Lattiapäällyste, kumi	3,136	0,00	CO2e/kg
Lattiapäällyste, epoksharts	4,069	0,00	CO2e/kg
LEVY			
Levy, kipsilevy	0,419	0,00	CO2e/kg

Levy, kovalevy	0,316	0,00	CO2e/kg
Levy, kuitulevy, tuulensuoja	0,457	-1,53	CO2e/kg
Levy, lastulevy	0,614	-1,06	CO2e/kg
Levy, vaneri	0,283	-1,64	CO2e/kg
Levy, CLT	0,210	-1,55	CO2e/kg
Levy, kuitusementti	0,707	0,00	CO2e/kg
Levy, viilupuu	0,395	-1,50	CO2e/kg
Levy, OSB	0,443	-1,30	CO2e/kg
PINTAKÄSITELY			
Maali, sisä, akrylaatti	2,126	0,00	CO2e/kg
Maali, sisä, alkydi	1,864	0,00	CO2e/kg
Maali, punamulta	0,445	0,00	CO2e/kg
Maali, pellavaöljy	1,538	0,00	CO2e/kg
Maali, ulko, vesiohenteinen	1,840	0,00	CO2e/kg
Maali, sisä, vesiohenteinen	1,640	0,00	CO2e/kg
TASOITE			
Tasoite, sementtipohj.	0,185	0,00	CO2e/kg
Tasoite, polymeeripohj.	0,361	0,00	CO2e/kg
MUURAUUS			
Muuraus, kahi 85+laasti	0,151	0,00	CO2e/kg
Muuraus, kahi harkko, 130+laasti	0,154	0,00	CO2e/kg
Muuraus, kevytsoraharkko+laasti	0,298	0,00	CO2e/kg
Muuraus, lämpöharkko+EPS+laasti	0,378	0,00	CO2e/kg
Muuraus, poltettu tiili 130+laasti	0,241	0,00	CO2e/kg
Muuraus, poltettu tiili 85+laasti	0,204	0,00	CO2e/kg
Muuraus, Siporex+ohutsauma-laasti	0,288	0,00	CO2e/kg
HIRSI			
Hirsiseinä, 270 mm	10,000	-1,55	CO2e/m2
Liimahirsi	0,142	-1,47	CO2e/kg
ULKOVERHOILU			
Verhoilu, alumiinikasetti	3,200	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, keraaminen laatoitus	0,704	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, kuparikasetti	2,104	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, luonnonkivi, 20 mm	21,200	0,00	CO2e/m2
Verhoilu, puu	0,092	-1,55	CO2e/kg
Verhoilu, puu, lämpökäs.	0,122	-1,55	CO2e/kg
Verhoilu, teräskasetti, ruostumaton	2,846	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, teräskasetti+maali	2,950	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, tiililaatta	0,230	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, turvalasi	1,338	0,00	CO2e/kg
Verhoilu, laminaatti	2,988	0,00	CO2e/kg
RUNKO JA PILARIT JA PALKIT			
Palkki, betoni+teräkset	0,196	0,00	CO2e/kg
Palkki, jännepalkki	0,265	0,00	CO2e/kg
Palkki tai pilari, kertopuu	0,283	0,00	CO2e/kg
Palkki tai pilari, liimapuu	0,356	-1,62	CO2e/kg
Palkki tai pilari, puu	0,092	-1,55	CO2e/kg

Palkki, teräsristikko, pintakäsitelty	2,720	0,00	CO2e/kg
Palkki, teräsputki, pintakäsitelty	2,840	0,00	CO2e/kg
Palkki, teräksinen deltapalkki	2,940	0,00	CO2e/kg
Pilari, betoni+teräkset	0,215	0,00	CO2e/kg
Puuranka, sahatavara	0,092	-1,55	CO2e/kg
Pilari, teräsputki (kylmämuovaus), pintakäsitelty	2,840	0,00	CO2e/kg
Pilari, teräspilari (kuumavalsatusta levystä), pintakäsitelty	2,720	0,00	CO2e/kg
Teräsranka, kuumasinkitty	2,788	0,00	CO2e/kg

PERUSTUS JA PORTAAT

Betoni, valmisbetoni, 35	0,146	0,00	CO2e/kg
Betoni, valmisbetoni, 80	0,210	0,00	CO2e/kg
Betoniteräs	0,474	0,00	CO2e/kg
Kevytsora	0,459	0,00	CO2e/kg
Kevytsoraharkko+laasti	0,298	0,00	CO2e/kg
Kuitukangas	2,272	0,00	CO2e/kg
Murske, 2/32	0,006	0,00	CO2e/kg
Murske, hieno ja karkea	0,012	0,00	CO2e/kg
Noppakiveys	33,000	0,00	CO2e/m2
Paalut, betoni, 300x300	0,145	0,00	CO2e/kg
Paalut, betoni, 250x250	0,158	0,00	CO2e/kg
Paalut, teräsputki	2,840	0,00	CO2e/kg
Pihalaatointus, betoni	0,137	0,00	CO2e/kg
Pilari, teräs	2,840	0,00	CO2e/kg
Portaat, betoni	0,247	0,00	CO2e/kg
Portaat, puu	0,088	-1,55	CO2e/kg
Portaat, teräs	2,840	0,00	CO2e/kg
Routaeriste, EPS	3,338	0,00	CO2e/kg
Sora ja hiekka	0,005	0,00	CO2e/kg
Stabilointi, 30/70	0,779	0,00	CO2e/kg

IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT

Ikkunat, 3 lasikerrosta, 4mm	20,475	0,00	CO2e/m2
Ikkunat, 4 lasikerrosta, 4mm	27,300	0,00	CO2e/m2
Ikkunat, 3 lasikerrosta, 6mm	30,713	0,00	CO2e/m2
Ikkunat, 4 lasikerrosta, 6mm	40,950	0,00	CO2e/m2
Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	87,206	0,00	CO2e/m2
Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	114,112	0,00	CO2e/m2
Lasiverhoilu ja seinät	9,915	0,00	CO2e/m2
Ovi, lasi	9,920	0,00	CO2e/m2
Ovi, sisä	34,823	0,00	CO2e/m2
Ovi, ulko metalli	20,097	0,00	CO2e/m2
Ovi, ulko, puu	61,044	0,00	CO2e/m2

LVIOSAT

Putki, muovi	2,168	0,00	CO2e/kg
Putki, teräs	2,538	0,00	CO2e/kg
Putki, alumiini	2,338	0,00	CO2e/kg
Putki, komposiitti	1,963	0,00	CO2e/kg
Putki, salaoja	2,389	0,00	CO2e/kg
Putki, viemäri	2,053	0,00	CO2e/kg
Putki, maaviemäri	0,197	0,00	CO2e/kg
Putki, käyttövesi	2,389	0,00	CO2e/kg
Putki, lattialämmitys	1,838	0,00	CO2e/kg
Liitin, muovi	2,028	0,00	CO2e/kg
Liitin, teräs	2,757	0,00	CO2e/kg
Liitin, alumiini	2,338	0,00	CO2e/kg
Venttiili	2,847	0,00	CO2e/kg
Jakotukki	2,847	0,00	CO2e/kg
Sadevesikaivo	1,635	0,00	CO2e/kg
Peruskaivo	1,668	0,00	CO2e/kg

Pesuallas, keraaminen	1,648	0,00	CO2e/kg
Pesuallas, RST	4,758	0,00	CO2e/kg
WC-istuin, keraaminen	1,648	0,00	CO2e/kg
Lattiakaivo, muovi	1,668	0,00	CO2e/kg
Lattiakaivo, RST teräs	4,758	0,00	CO2e/kg
Vesihana, komposiitti	2,899	0,00	CO2e/kg
Suihku ja letku komposiitti	3,674	0,00	CO2e/kg
Lautasventtiili, teräs	2,757	0,00	CO2e/kg
Putki, ilmastointi	2,750	0,00	CO2e/kg
Säleikkö, tuloilma	2,338	0,00	CO2e/kg
Säleikkö, ulko	2,338	0,00	CO2e/kg
SÄHKÖOSAT			
Sisäkaapeli	2,100	0,00	CO2e/kg
Parikaapeli	3,810	0,00	CO2e/kg
Antennikaapeli	2,050	0,00	CO2e/kg
Asennusjohto	2,210	0,00	CO2e/kg
Ohjauskaapeli	2,310	0,00	CO2e/kg
Voimakaapeli	2,210	0,00	CO2e/kg
Pistorasia	2,028	0,00	CO2e/kg
Valaisinpistorasia	2,028	0,00	CO2e/kg
Jakorasia	2,028	0,00	CO2e/kg
Haaroitusrasia	2,028	0,00	CO2e/kg