



Hiilineutraali rakentaminen

Hiilineutraali Tampere 2030

Jasmine Utriainen

OPINNÄYTETYÖ

Marraskuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennustuotanto

UTRIAINEN JASMINE

Hiilineutraali rakentaminen

Hiilineutraali Tampere 2030

52 sivua, liitteet 6 sivua

Marraskuu 2022

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Master Kodit Oy. Työhön on koottu tietoa mistä rakennuksen hiilidioksidipäästöt syntyvät ja tarjota ratkaisuja rakennusalan ammattilaisille. Työ on rajattu Hiilineutraali Tampere 2030-tavoitteeseen, mutta työssä kerrotaan myös yleisesti ympäristöystävällisestä rakentamisesta ja hiilineutraalisuudesta.

Hiilineutraali tuote, yritys, kunta tai valtio tuottaa hiilidioksidipäästöjä siinä määrin kuin se pystyy niitä sitomaan päästämättä hiilidioksidikaasua ilmakehään. Hiilinegatiivisella toiminnalla pyritään sitomaan enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin niitä tuotetaan.

Työssä kuvaillaan, miten rakennuksen elinkaaren aikana voidaan minimoida tai kompensoida syntyvät päästöt. Elinkaarella tarkoitetaan rakennuksen olemassaolon kokonaisuutta. Rakentamisesta syntyvien päästöjen minimointi alkaa suunnitteluvaiheessa ja tulee ottaa huomioon koko rakennushankkeen ajan. Hukkatuotannon minimoinnilla, hiilineutraaleilla materiaaleilla ja materiaalitehokkuudella, uusiutuvilla energialähteillä ja ympäristöystävällisillä lämmitysmuodoilla voidaan luoda hiilineutraali rakennus, jonka hiilidioksidipäästöt ovat nolla. Tavoite on kunnianhimoinen mutta mahdollinen.

Rakennusalan toimijat ovat havahtumassa hiilineutraalisuuden merkitykseen kehittäkseen toimintaansa lainsäädännön mukaisesti sekä ottaakseen kantaa ilmastomuutoksen torjumiseen. Aiheesta on tehty paljon tutkimuksia ja tarjolla on jo erilaisia ratkaisuja hiilidioksidipäästöjen minimointiin ja hiilinielujen tehostamiseen. Hiilineutraali Tampere 2030-tavoitteen saavuttaminen rakennusteollisuudessa vaatii konkreettisia toimia, jotka olisi aloitettava mahdollisimman pian.

Asiasanat: hiilidioksidipäästöt, hiilinegatiivisuus, hiilineutraalisuus, hiilinielu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampere University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

Construction Production

UTRIAINEN, JASMINE :

Carbon Neutral Construction

Carbon Neutral Tampere 2030

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 6 pages

November 2022

The purpose of this research was to determine the sources of carbon dioxide emissions in buildings and offer solutions for professionals in the construction industry. The thesis focuses on Carbon Neutral Tampere 2030 initiative, but it also includes a broader set of information for ecological and carbon neutral construction. The thesis was sponsored by Master Kodit Oy.

Data for this study were collected from various online surveys, government and city publications, and articles on both future projects and solutions that are already in use in construction production.

As a result of this study, it was found that minimizing carbon emissions in construction should start at the planning phase and be taken into consideration during the whole construction project. By minimizing waste production, using carbon neutral materials, using materials efficiently, choosing renewable energy sources and environmentally friendly heating solutions, it is possible to create a carbon neutral building. The goal is ambitious but possible.

Key words: carbon dioxide, carbon emissions, carbon neutrality

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	HIILINEUTRAALISUUS	8
	2.1 Kasvihuonepäästöt	8
	2.1.1 CO ₂ mittaus	9
	2.1.2 Tulevaisuus	10
	2.2 Rakentamisesta aiheutuvat CO ₂ päästöt ja niiden vähentäminen	11
	2.2.1 Kolmiportainen lähestymistapa	13
	2.2.2 Hiilineutraalisuuden hyödyt	13
3	RAKENNUSMATERIAALIEN VAIKUTUS HIILINEUTRAALISUUTEEN	16
	3.1 Betoni.....	17
	3.1.1 Betonin tuotanto	17
	3.1.2 Betonin kierrätys.....	18
	3.2 Puu.....	18
	3.3 Hamppubetoni.....	20
	3.4 Fossiilivapaa teräs	20
3	HIILINEUTRAALI TAMPERE 2030.....	23
	3.1 Tampereen kaupungin tavoite	23
	3.2 Rakennuksen lämmityksen päästöt	24
	3.3 Sähkön kulutuksen päästöt.....	25
	3.4 Teollisuuden ja työkoneiden päästöt.....	26
	3.5 Jätehuollon päästöt.....	27
4	MASTER KODIT OY.....	28
	4.1 Master Yhtiöt konserni	28
	4.2 Hiilineutraalisuutta kohti	28
	4.2.1 Haastatteluiden analysointi	29
5	MASTER KOTIEN HIILINEUTRAALISUUDEN KEHITTÄMINEN.....	32
	5.1 Rakennuksen lämmityksen päästöt	32
	5.1.1 Kaukolämmityksen päästöt	32
	5.1.2 Erillislämmityksen päästöt.....	33
	5.1.3 Rakennusaikaisen lämmityksen päästöt	34
	5.2 Sähkön kulutuksen päästöt.....	35
	5.2.1 Muun sähkön kulutuksen päästöt.....	35
	5.2.2 Rakennustyömaan sähkönkulutuksen päästöt.....	36
	5.3 Rakennustyömaan työkoneiden päästöt.....	37
	5.4 Jätehuollon päästöt.....	38

6 POHDINTA	40
LÄHTEET	42
LIITTEET.....	48
Liite 1. Haastattelu: Rakentaminen.....	48
Teemu Auvinen, Master Kodit Oy Toimitusjohtaja 10/2022.....	48
Liite 2. Haastattelu: Sähköurakointi	49
Mikko Telanne, VEXATEC Projektihallinta 10/2022	49
Liite 3. Haastattelu: LVI-urakointi.....	50
Pauli Närhi, VEXATEC LVI myynti, Projektipäällikkö 10/2022.....	50
Liite 4. Haastattelu Myynti:.....	51
Hanna Kivelä, Master Kodit Oy Myyntipäällikkö 11/2022	51

1 JOHDANTO

Suomen tavoite on olla hiilineutraali maa 2035 mennessä. Ilmastonmuutos on ihmisen toiminnan seurauksena yksi suurimmista ja maailmanlaajuisista kriiseistämme. Ilmaston lämpeneminen muokkaa luontoamme ja vaikuttaa ihmisten elinmukavuuteen. Ihmisen kyky sopeutua uudenlaiseen ympäristöön on mahdollista, mutta luonnon kaikilla osapuolilla ei ole välttämättä samaa kykyä. Nämä ovat ihmisen elämän kannalta tärkeitä osapuolia ja siksi ongelmaan puuttuminen pitää ottaa tärkeimmäksi prioriteetiksemme. Ilmastonmuutoksen pysäyttäminen on liian myöhäistä, mutta sen hillitseminen on meidän vastuullamme.

Tampere on asettanut tavoitteen olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Tampere on ollut historian eri vaiheissa edelläkävijä ja se pyrkii näin jatkossakin, joten sen tavoitteet ovat kunnianhimoisia. Tampereen tavoite pitää sisällään 236 toimenpide ehdotusta Tampereen kaupungille ja Pirkanmaan alueella toimiville yrityksille, suurista investoinneista pienempiin ympäristötekoihin. (Tampereen Kaupunki 2020.)

Opinnäytetyön tavoite on antaa yritykselle tietynlainen ohjekirja hiilineutraalisuuteen siirtymisestä. Se pitää sisällään erilaisia ongelmia, ratkaisuja ja toimenpiteitä. Lisäksi siihen on sisällytetty tietoa hiilineutraalisuudesta, ja siten se toimii tiedonlähteenä niille, jotka haluavat oppia aiheesta enemmän. Aihe on rajattu rakentamiseen, sillä Suomessa rakennustuotannon hiilijalanjälki on edelleen liian korkea.

Master Kodit Oy toimii toimeksiantajana opinnäytetyölle. Työssä siis perehdytään myös Master Kotien nykyiseen rakentamiseen ja tarjotaan toimenpide-ehdotuksia siitä, miten Master Kodit voi siirtyä hiilineutraalimpaa rakentamista kohden. Työ tarjoaa tietoa aiheesta, ratkaisuehdotuksia ja toimenpiteitä, joista voi hyötyä myös muut rakennusalan ammattilaiset.

Aihetta on tutkittu Suomessakin laajasti ja hiilineutraalin rakentamisen kannusteeksi on kehitetty erilaisia kehysuunnitelmia mitä on hiilineutraali rakennus, esimerkiksi Tampereen yliopiston ja VTT toimesta. (Tuominen 2020.) Rakennusyritykset kumminkin jarruttelevat hiilineutraalisuuteen siirtymistä vähäisen konkreettisen hiilineutraalinrakentamisen vuoksi. Ruotsissa ensimmäinen hiilineutraalirakennus, joka on saanut Swedish Green Building Councilin (SGBC) NollCo2-

sertifikaatin valmistui vuonna 2020. (Wallenius 2021.) Suomessa hiilineutraalin rakennuksen titteliä ei ole vielä mikään rakennus saavuttanut, mutta ensimmäinen hiilineutraali rakennushanke on aloitettu 2021 vuonna Helsingin Katajanokalle. (Raunio 2021.) Tämän toivotaan kannustavan rakennusyrityksiä kehittämään toimintaansa hiilineutraalia rakentamista kohden.

Lähteinä on käytetty tilastoja, tutkimuskirjallisuutta sekä nettiartikkeleita. Lähteiden käytössä on pyritty monipuolisuuteen sekä niiden ajankohtaisuuteen. Tämän lisäksi haastateltiin eri rakennusalan toimijoita. Opinnäytetyö alkaa johdatuksella hiilineutraalisuuteen: mitä se tarkoittaa ja miten hiilidioksidipäästöjä syntyy. Tämän jälkeen työssä perehdytään vihreisiin rakennusmateriaaleihin ja tarjotaan hieman lisätietoa jo markkinoilla olevista ympäristöystävällisistä vaihtoehdoista. Tampereen hiilineutraalisuustavoite avataan seuraavissa luvuissa ja perehdytään tarkemmin ongelmakohtiin. Haastattelut ja yrityksen esittely käydään vielä läpi ennen kuin siirrytään itse ratkaisuihin ja toimenpiteisiin. Viimeisessä luvussa käydään läpi Hiilineutraali Tampere 2030 -tavoitteen päästöjen minimointi- ja kompensatiovaihtoehtoja.

2 HIILINEUTRAALISUUS

2.1 Kasvihuonepäästöt

Hiilestä ja hapesta koostuva kemiallinen yhdiste, eli hiilidioksidi on yksi puhutuin aihe maapallollamme. Hiilidioksidi on tärkein ihmisen tuottama kasvihuonekaasu, ja Suomessa 86 % kasvihuonekaasupäästöistä johtuu kyseisestä yhdisteestä. (Luma-keskus Suomi 2008.) Kasvihuonepäästöt kiihdyttävät ilmastonmuutosta, eli planeettamme lämpötilan nousua. Lämpötilan nousulla tulee olemaan negatiivisia vaikutuksia ympäristöön.

Suurimpien hiilidioksidipäästöjen aiheuttajia on fossiilisten polttoaineiden polttaminen, maatalous, trooppisten metsien tuhoaminen, sementtiteollisuuden ja lannoiteteollisuuden päästöt. Hiilidioksidikaasu syntyy palamisreaktiossa. Hiilen määrä on vakio planeetallamme, mutta ongelma syntyy, kun hiili siirtyy maapallon kivikehästä ilmakehään.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämistä varten on aloitettu erilaisia toimenpiteitä, esimerkiksi EU:n sisällä Euroopan parlamentti hyväksyi Euroopan ilmastolain. Sen tarkoituksena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 55 % 2030 vuoteen mennessä ja muuttaa Eurooppa edelleen hiilineutraaliksi 2050 vuoteen mennessä. Ilmasto-neutraalisuus, eli hiilineutraalisuus 2050 vuoteen mennessä on kirjattu myös Pariisin ilmastosopimukseen. Sopimuksen on allekirjoittanut 195 maata, EU mukaan lukien. Tavoite on määritelty seuraavanlaiseksi ”Pariisin sopimuksen osapuolet pyrkivät saavuttamaan maailmanlaajuisten kasvihuonepäästöjen huipun mahdollisimman pian ja vähentämään päästöjä nopeasti sen jälkeen siten, että ihmisen toiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja kasvihuonekaasujen nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla.” (Ympäristöministeriö 2016.)

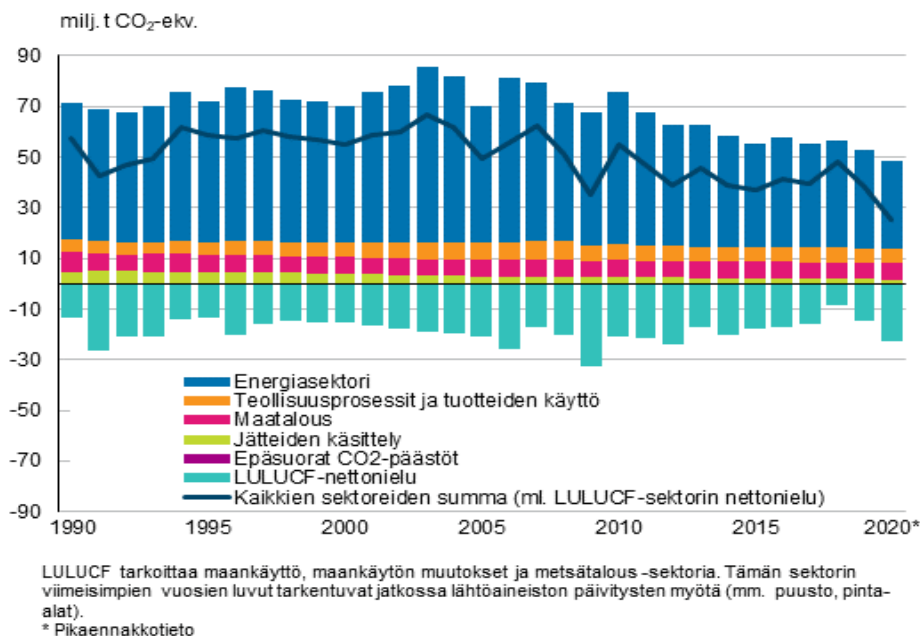
Hiilineutraalisuus tarkoittaa hiilidioksidipäästöjen tuottamista niissä rajoissa, kun hiilinielut voivat sitoa hiilidioksidia itseensä ilmakehästä. Tavoitteena on siis nol-lapäästöt. Hiilinieluja ovat esimerkiksi meret, metsät ja maaperä, joita voisi kuvail-la luonnon omaksi hiilidioksidi-imuriksi. Puut ja kasvit imevät hiilidioksidia itseensä yhteyttämisprosessissa, eli fotosynteesissä. (Fortum 2022.) Maaperä taas imee hiilidioksidia itseensä, vain jos maan ekosysteemi saa toimia

luonnontilassa, eli jos maaperästä ei ole poistettu kaikkia ravinteita, jotka ovat pakollisia maaperän elämän kannalta. Erilaiset kemikaalit maataloudessa tuhoavat luonnollista maaperää ja jäljelle jää maatuhkaa, joka ei pysty sitoa hiilidioksidia itseensä. (Mäntyniemi 2019.)

2.1.1 CO₂ mittaus

Kasvihuonekaasujen (esimerkiksi hiilidioksidi ja metaani) pitoisuuden mittaaminen onnistuu kammiomittauksilla, mikrometeorologisilla vuomittauksilla ja pitoisuusmittauksilla. Korkeat pitoisuusmittaustulokset kertovat ilmakehän lämpenemisestä. (Ilmatieteenlaitos 2022.) Mittausta varten on kehitelty erilaisia sovelluksia rakennusautomaatiosta ja kasvihuoneista aina life science- ja turvallisuussovelluksiin. Näillä mitataan siis hiilidioksidipitoisuutta ja yleisin mittaustapa toteutetaan infrapunatekniikalla.

Kuviosta 1 nähdään, että 2020 Suomessa mitattujen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 48,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia eli 48,3 milj. t CO₂-ekv. Päästöt olivat 9 % vähemmän edellisvuoteen verrattuna. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2021.)

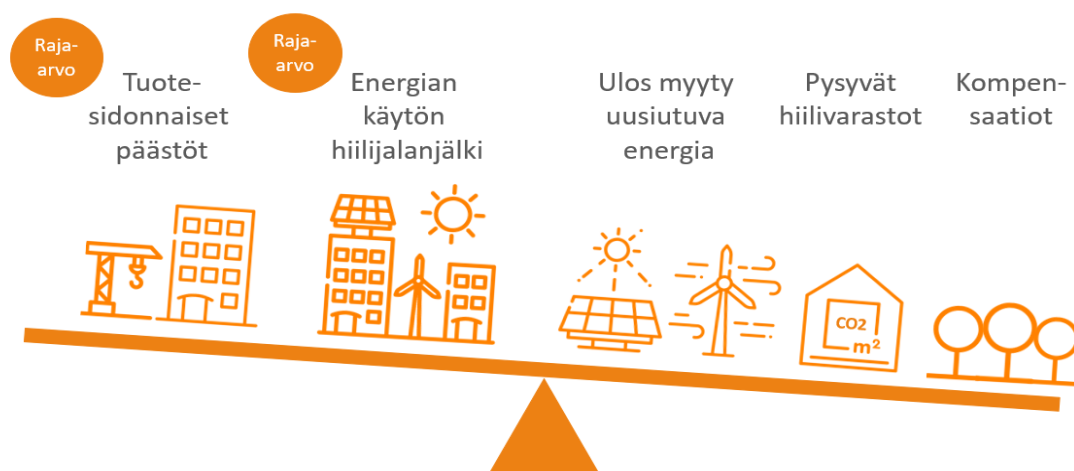


KUVIO 1. Kokonaispäästöjen kehitys (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2021).

2.1.2 Tulevaisuus

Suomen 2019 hallitusohjelmassa pyritään hiilineutraalisuuteen vuoteen 2035 mennessä ja Suomesta pyritään tekemään ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Lämpötilaa pyritään rajoittamaan 1,5 asteeseen hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n suosituksen mukaan. Euroopan komissio on myös kehittänyt Euroopan vihreän kehitysohjelman, jossa EU pyrkii olemaan ensimmäinen ilmastoneutraali maanosa vuoteen 2050 mennessä. Ongelma ei siis suinkaan ole jätetty huomioimatta, mutta miten tavoitteita voidaan konkreettisesti tavoitella?

Päästöjen vähentäminen on avainsana hiilineutraalisuudessa. Esimerkiksi ympäristön hiilinielujen arvioidaan sitovan itseensä 9,5–11 gigatonnia hiilidioksidia vuosittain. Ihmisten pitää siis pyrkiä pitämään hiilidioksidipäästöt näissä lukemissa, jopa vähemmässäkin. Hiilidioksidia vapautuu luonnon hiilinieluista ilmakehään muun muassa metsäpalojen, maankäytön muutosten ja hakkuiden myötä. Hiilineutraalisuutta voidaan myös lähestyä kompensoimalla päästöjä, eli mikäli kaikkia päästöjä ei saataisikaan eliminoidua kokonaan, on mahdollista silti vähentää niitä yhdellä sektorilla riittävästi, jotta toisella sektorilla niitä voidaan tuottaa hillityissä määrin. Kuviossa 2 esitellään, että miten rakennuksen hiilidioksidipäästöt voidaan pitää tasapainossa. Esimerkkejä kompensoimisesta ovat uusiutuvat energialähteet, energiatehokkuuden maksimointi tai vähähiilinen teknologia. (Bruce-Hyrkäs 2020).



KUVIO 2. Tulossa syksyllä 2020: Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä (Bruce-Hyrkäs 2020).

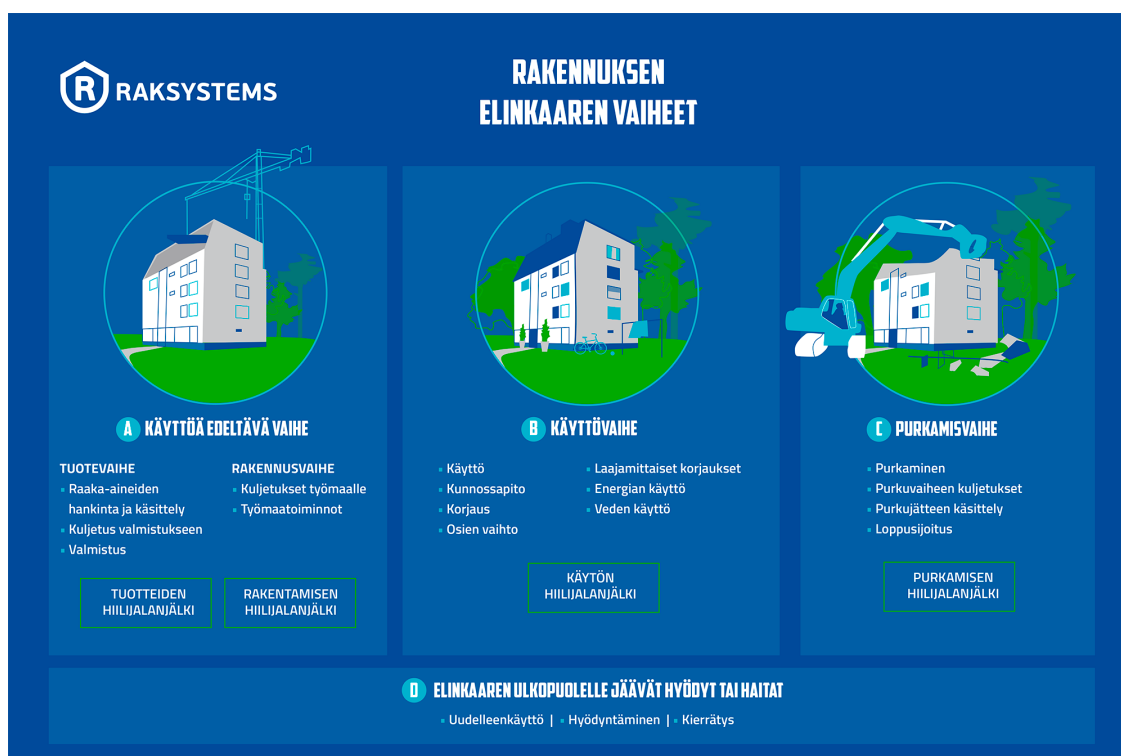
2.2 Rakentamisesta aiheutuvat CO₂ päästöt ja niiden vähentäminen

Rakentaminen on yksi iso kasvihuonepäästöjen aiheuttaja. Se ei tarkoita pelkästään itse rakentamista ja siitä syntyviä päästöjä, vaan myös rakennuksen elinkaarta, kuten kuviossa 3 on osoitettu. Rakennusta voidaan nimittää hiilineutraaliksi, kun sen hiilijalan jälki on nolla. Rakentamisessa tulee suosia hiilineutraaleja materiaaleja tai vaihtoehtoisesti rakennuksen tulee imeä itseensä hiilidioksidia elinkaarensa aikana, että se kompensoi aiheutuneet hiilidioksidipäästöt. Hiilineutraaleilla lämmitysmuodoilla ja uusiutuvalla energialla voidaan myös kompensoida hiilidioksidipäästöjä. (Bruce-Hyrkäs 2020.)

Ilmastohaittoja rakentamisessa muodostuu pitkälti materiaalien valmistuksessa, rakentamisvaiheessa, energiakulutuksesta, korjauksista, sekä rakennuksen purkamisesta elinkaaren lopussa (Bruce-Hyrkäs 2020). Materiaalien kierrätys ja uudelleen käyttö vähentää myös rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä. Pienemmilläkin toimenpiteillä voidaan tukea ympäristöystävällistä rakentamista, kuten rakentamisessa käytettävien työvälineiden huoltamisella ja näin voidaan maksimoida niiden käyttöikä.

Kiertotalouteen on hyvä tutustua myös ennen rakennushankkeen aloittamista ja harkita voitaisiinko rakennuskohteeseen tarvittavia rakennusmateriaaleja hankkia käytettynä tai kierrätettynä. Näin voidaan säästää rakennusmateriaalien neitseellisiä raaka-aineita, materiaalien tuotannossa syntyneitä päästöjä sekä ympäristöä. Lisäksi kierrätysmateriaalit ovat yleensä huokeampia kuin vasta tehtaalta tulleet materiaalit.

Suurin osa hiilidioksidia syntyy käytönaikaisista päästöistä, kuten sähköstä ja rakennuksen lämmityksestä. Tämä siis vaatii huolellista energiateknistä suunnittelua ja materiaalien vertailua. Vähäpäästöiset ja kustannustehokkaat energiajärjestelmät ovat yksi hyvä tapa lähestyä hiilineutraalisuutta. Lisäksi hiilineutraalisuutta voidaan tehostaa hiiltä sitovilla tontin istutuksilla.



KUVIO 3. Mitä hiilijalanjäkilaskenta tarkoittaa ja miten se tehdään? (Huuhtanen 2020.)

Hiilineutraalisuuden suunnittelu alkaa jo kaavoitusvaihteesta, jossa on hyvä jo tarkastella ilmansuuntaa, johon rakennus sijoitetaan. Esimerkiksi auringosta saatu energia on uusiutuvaa, siksi rakennukseen sijoitettavat aurinkopaneelit tulee suunnitella pääasiallisesti auringonpaistetta kohden, jotta maksimoidaan niiden energian saanti. (Repo 2022.)

Rakennuksille määritellään energiatehokkuusluokka, eli E-luku (kWh/m²/vuosi). E-luvut alkavat tehokkaimmasta luokasta A aina luokkaan E asti. Uudisrakennuksille ominainen energiatehokkuus tulisi olla vähintään luokkaa C. A luokka on hyvin harvinainen uudisrakennuksille. Hiilineutraalit rakennukset tulee toteuttaa mahdollisimman hyvälle E-luokitukselle, esimerkiksi A tai B. (Kiinteistötahtola 2022.) Suomen ilmastopaneeli on ehdottanut 2021 vuonna E-luvun rinnalle laskettavaksi C-luvun, joka tulisi pakolliseksi vuoteen 2025 mennessä. (Suomen ilmastopaneeli 2021.) C-luvulla voidaan arvioida rakennuksen hiilijalanjälkeä ja se tulee liittää jo rakennuslupaan, E-luvun tavoin. (Vinkki 2021.) C-lukulaskurilla voidaan arvioida asuinrakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki hankkeen alussa, kun tavoitteellinen päästöohjaus on yhä mahdollista. Laskurilla voidaan vertailla erilaisten materiaalien hiilijalanjälkeä, energiatehokkuutta ja parannetun lämmöneristyksen päästöeroja. C-luku helpottaa myös ostajaa ymmärtämään

rakennuksen hiilidioksidipäästöistä. Peter Lind on kirjoittanut ”Laskurin avulla hiilijalanjälkeä on mahdollista keventää jopa 20 %.” (Lind 2019).

2.2.1 Kolmiportainen lähestymistapa

Kolmiportaisessa lähestymistavassa ensin tulisi analysoida kohteen energian kulutus ja huomioida hukkalämmön kohteet. Ylimääräisen hukkalämmön voi hyödyntää tai myydä. Tämän jälkeen on hyvä suunnitella kokonaisuuteen sopivat energijärjestelmävaihtoehdot. Toiseksi tulee laskea rakennusmateriaali- ja energijärjestelmävaihtoehtojen kokonaispäästöt ja valita vähäpäästöisin vaihtoehto. Kolmanneksi kompensoidaan päästöt, joihin ei voida muuten vaikuttaa (Bruce-Hyrkäs 2020).

Hiilineutraalisuus ei suinkaan tarkoita kallista rakentamista, vaan sen voi toteuttaa myös kustannustehokkaasti. Kustannuksia säästyy myös rakennuksen elinkaaren myötä, mikäli on esimerkiksi suosittu uusiutuvia energianlähteitä. Hiilineutraalit rakennukset ovat kilpailukykyisiä ja tulevaisuudessa lainsäädännön uhalla pakollisia, täten niiden potentiaaliin on kannattavaa panostaa. Samalla rakennusyritys saa hyvää mainetta osoittamalla välittävänsä myös ympäristötavoitteista.

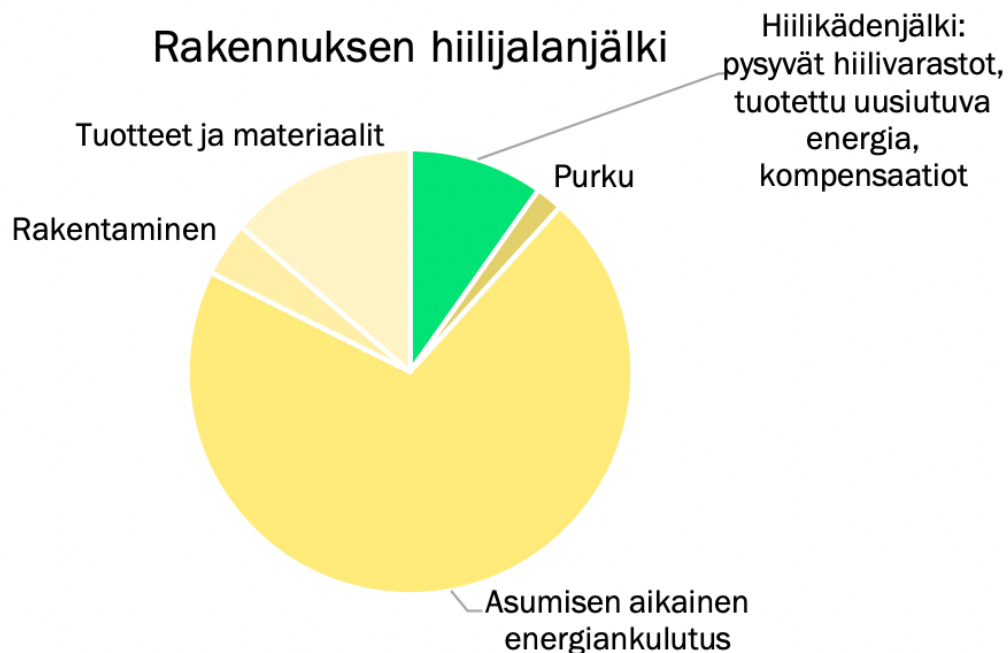
2.2.2 Hiilineutraalisuuden hyödyt

Hiilineutraalisuuden suurin hyöty on, meitä kaikkia koskettavien, ympäristövaikutusten väheneminen. Ihanteellinen rakennus ei ole pelkästään hiilineutraali vaan mahdollisesti hiilinegatiivinen, eli se imee itseensä enemmän hiilidioksidia elinkaarensa aikana kuin rakennuksen rakentaminen, ylläpitäminen tai purkaminen aiheuttaa. Hiilineutraalisuuteen painostetaan valtion ja EU:n tasolla, joten siihen

siirtyminen kannattaa aloittaa jo aikaisessa vaiheessa. Hiilineutraalit rakennukset ovat energiatehokkaita ja kierrätettäviä.

Mikäli hiilineutraalisuuteen siirtyminen ei onnistuisi, lisääntyvät ääri-ilmiöt säässä, mikä aiheuttaa kustannuksia ja epämukavuuksia ihmisille. Tällaisia sään ääri-ilmiöitä ovat esimerkiksi helleaallot, pakkasjaksot, myrskyt, ukkonen, salamet, raakeet ja rankkasateet. Suuria kustannuksia on syntynyt jo kaupungeille ja valtioille, lisäksi myös yrityksille, esimerkiksi kuivuudesta, tulvista ja metsätuhoista. Kaikilla mainitut ilmiöt vaikuttavat myös rakentamiseen ympärivuotisesti, ja vaikkakaan yksi yritys ei voi ongelmaa ratkaista omalla toiminnallaan, on tärkeää silti hoitaa oma osuutensa tästä välttyäksemme tulevaisuudessa vastaavalta. (Hiilineutraali Pirkanmaa 2016.)

Hiilineutraalia rakentamista pidetään kalliina, mikä on hieman harhaanjohtava väite. Tämä riippuu täysin siitä, miten hiilineutraalia rakentamista toteutetaan. Energiatehokas rakennus pitää arvonsa pidempään, eivätkä sen ylläpitokustannukset ole yhtä suuret. (Partinen 2021.)



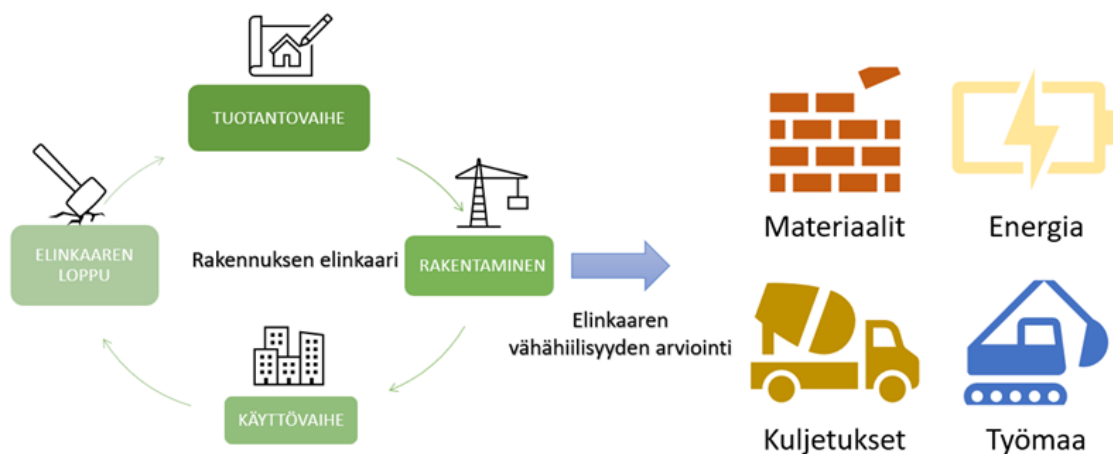
KUVIO 4. Kestävä koti: Opas hiilineutraalimpaan rakentamiseen. (Partinen 2021.)

Kuten kuviosta 4 huomaa, on asumisen aikainen energiankulutus suurin hiilijalanjäljen tuottaja rakennuksen elinkaareissa. Asukkaalla saattaa olla hyvin rajallinen mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen lämmityksestä johtuvaan energiankulutukseen, jonka vuoksi rakennukseen tulee suunnitella energiatehokkaat lämmitysjärjestelmät auttaakseen asukasta pitämään oman hiilijalanjälkensä mahdollisimman pienenä. Hiilijalanjälki syntyy pääasiassa käytetystä energiasta, materiaaleista, tuotteista ja rakentamisesta. Hyötyjä ovat siis matalammat kustannukset asukkaalle ja mahdollisesti rakennuttajalle, hyvä maine rakennusyritykselle, rakennuksen pidempään pysyvä arvo sekä ympäristövaikutukset. Ennen kaikkea on hyvä muistaa, että vähähiilisyys ei poista muita olennaisia teknisiä vaatimuksia rakennukselta tai heikennä energiatehokkuuden, terveellisyyden, turvallisuuden tai esteettömyyden tärkeyttä.

3 RAKENNUSMATERIAALIEN VAIKUTUS HIILINEUTRAALISUUTEEN

Rakentamisessa kannattaa suosia pitkäikäisiä ja vähän huoltoa vaativia rakennusmateriaaleja, jotta voidaan vähentää rakennuksen käytönaikaista hiilijalanjälkeä. Materiaalitehokkuus pitää sisällään tarpeen varastoida rakennusmateriaalit työmaalla oikeissa olosuhteissa sekä hukkamateriaalin välttämisen. Tämä vaatii tarkkaa rakennusmateriaalien käytön suunnittelua, jotta ylimääräisiä materiaaleja ei hankita.

Järkevästi suunniteltu logistiikka auttaa materiaalitehokkuudessa. Kun logistiikka on hoidettu niin, että materiaalit saapuvat hyvissä ajoin ja on otettu huomioon mahdolliset viivästykset, mutta myös etteivät kaikki materiaalit saavu työmaalle samanaikaisesti, jotta säilytystilaa riittää kaikelle, säästää tämä materiaalien turmeltumiselta ja ylimääräisten materiaalien tilaamiselta. Kuviossa 5 on kuvailtu myös muita hiilineutraalisuuteen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat materiaalien lisäksi kuljetukset (logistiikka), energiankäyttö ja työmaatoiminta (Vinkki 2021).



KUVIO 5. Rakentamisen ilmastojaalki ja elinkaarikustannukset. (Vinkki 2021).

3.1 Betoni

Maailmassa yleisimmin käytetty rakennusmateriaali on betoni. Sementtiteollisuuden hiilidioksidipäästöjen on globaalisti mitattu 2018 olevan 8 % ja teollisuuden päästöissä jopa 20 %. Vaikkakin betoni on materiaalina nerokas sen kestävyys-, puristusvoiman ja kustannustehokkuuden puolesta, ei se ole ympäristöystävällisin vaihtoehto muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna. Lisäksi sen huono puoli on, että betonin vetokestävyys on vain 10 % sen puristuslujuudesta. (Betoni 2022.) Siksi betoni joudutaan vahvistamaan teräksellä, joka saattaa nostaa sen hiilijalanjälkeä, riippuen siitä miten teräs on tuotettu. Teräs sijoitetaan valuvaiheessa betonin sisälle.

3.1.1 Betonin tuotanto

Betoni pitää sisällään kolmea raaka-ainetta, sementtiä, kivimateriaalia sekä puhdasta vettä. Hiilidioksidipäästöt syntyvät, kun sementin kalkkikivi, eli pääraaka-aine, hajoaa noin 900°C lämpötilassa. Tästä syntyy kalsinointireaktion seurauksena poltettua kalkkia, joka sitoo veden ja kiven niin, että lopputuloksena on betonia. Kalsinointireaktiossa syntyviä hiilidioksidipäästöjä ei voida minimoida, koska kalkki on pakko polttaa sementin muodostamiseksi. Se millä lämpö tuotetaan polttoa varten, on taas asia erikseen, ja siihen sementtitehtaat pyrkivät panostamaan lähitulevaisuudessa.

Tähän asti poltossa on käytetty pitkälti fossiilisia polttoaineita, ja nämä voidaan vaihtaa biopohjaisiin vaihtoehtoihin, jolla voidaan tuottaa stabiilia lämpötilaa polttoa varten. (Mäkikouri 2019.) VTT on esimerkiksi lähtenyt kehittämään hiilidioksidikovetettua betonia. Tarkoitus on siis sitoa hiilidioksidia itse tuottoprosessissa niin, että lopputuote on parhaimmillaan jopa hiilinegatiivinen. Vaihtoehtoisia sideaineita sementin korvaamiseksi on pyritty myös kehittämään, ja tällä voidaan vähentää betonin hiilidioksidipäästöjä viidennekseen nykyisestä tasosta. (Savela 2021.)

Ympäristöystävällisen betonin tuottamisesta kilpailevat monet yritykset Suomessa, ja useat ovat jo löytäneet oikeanlaisia reseptiikkoja tuotantoonsa. Nykyisin on siis jo mahdollista tilata myös ympäristöystävällisesti tuotettua betonia. Vaikkakin kustannukset ekologisen betonin kohdalla saattavat olla hieman korkeammat, ei kuitenkaan kysymys ole mistään suuresta erosta.

Betoni sitoo itseensä elinkaarensa aikana hiilidioksidia noin 5—10 % siitä, mitä tuotossa on syntynyt. Hiilidioksidi imeytyy betoniin pystyvästi, ja tätä reaktiota kutsutaan karbonatisoitumiseksi. (Rudus 2022.) Se ei ole hyväksi betonille vaan neutralisoi emäksistä betonia ja aiheuttaa korroosiota teräkseen, mikä taas heikentää rakennetta. (Kekkonen 2020.)

3.1.2 Betonin kierrätys

Betonin elinkaari ei pääty rakennuksen purun jälkeen. Betonin on tarkoitettu kestävän noin 100 vuotta. Suomessa vuosittain syntyy kierrätysbetonia suurin piirtein miljoona tonnia, josta puolet on hukkatuotantoa ja puolet peräisin purkutyömailta. Tarkemmin lasketut betonin tarvemäärät työmailta voisivat siis parhaimmillaan minimoida 500 000 tonnia hukkabetonia vuodessa. (Betoni 2021.)

Puretusta betonista pyritään hyötykäyttämään noin 80 %. Betonirakenne murskataan, teräkset otetaan talteen ja kierrätetään uusiokäyttöön ja korvataan betonimurskeella luonnon kalliomursketta. Tämän takia purkuvaiheessa on hyvä ottaa huomioon kiertotalouden mahdollisuudet ja näin minimoida turha teollisuusjäte. (Betoni 2021.)

3.2 Puu

Puumateriaalia on paljon tarjolla Suomessa, se on esteettisesti hieno, joustava, elävä ja kestävä ratkaisu. Puu on lisäksi matalaenergiatuote, eli sen

valmistukseen tarvitaan vähemmän energiaa kuin tavallisesti sen korvaavien materiaalien tuottamiseen. Kaikista suurin etu on kumminkin ekologisuus ja uusiutuvuus. Puu sitoo itseensä kasvunsa aikana noin tuhat kiloa hiilidioksidia kuu-tiometriä kohden ja vapauttaa happea takaisin ilmakehään noin 750 kiloa. Puun veto ja puristuskestävyydessä ei ole suurta eroavaisuutta, vaan materiaali toimii yksistäänkin eikä se tarvitse terästä vahvistukseen. (Laapotti 2017.)

Puun ongelma on tosin se, ettei se sovellu niin hyvin kerrostalorakentamiseen kuin betoni. Tampereen yliopiston ja ammattikorkeakoulun artikkelissa kerrotaan ” – Kerrostalojen, joilla siis tarkoitetaan yli kaksikerroksisia asuinrakennuksia, ja muiden suurempien rakennusten kohdalla jarruna ovat olleet palomääräykset. Ne kielsivät pitkään yli kaksikerroksisten puurakennusten tekemisen” (Laapotti 2017.) Palosuojaukset tulee toteuttaa tarkasti ja oikeaoppisesti, jotta puuta voidaan pitää turvallisena rakennusmateriaalina, sen herkän palamisominaisuuden vuoksi. Palomääräyshaasteiden lisäksi Suomessa on pulaa osaavista puuraken-teiden rakennesuunnittelijoista ja tämän vuoksi puurakentamisen suosio on hie-man laskenut.

Puurakentamisessa tulee myös huomioida sääsuojaus. Puuelementtien asen-nukset tulee aina tehdä sääsuojassa, kuten teltassa, ja puutavaran säilytys tulee olla kuivassa, sääsuojatussa tilassa. Erityistä huolellisuutta tulee huomioida jat-koliitosten kohdalla, ettei vesi pääse imeytymään näihin kohtiin. Näin voidaan saavuttaa nykyrakennuksille ominainen energiatehokkuus. (Laapotti 2017.)

Asumisen rahoittamis- ja kehittämiskeskus (Ara) arvioi puun neliöhinnan olevan keskimäärin 235 € korkeampi kuin betonin neliöhinta. (ASV 2022). Puun hakkuu myös karsii luontomme hiilinieluja, eli metsiä, sekä saattaa vaurioittaa maaperää. (Loukasmäki 2017.) Puurakennuksille on tyypillistä lisäksi tiheämmät huoltovälit, jotta voidaan maksimoida rakennuksen ikä. (Puuinfo 2020.)

Puun kierrätykseen liittyy myös haasteita, koska sen uusiokäytössä tulee vastaan materiaalin ominaisuuksien heikentyminen. Puun voi polttaa, mutta tällä ei saavuteta EU:n jätedirektiivin mukaista 70 % purkujätteen kierrätyksen tavoitetta. Vaihtoehtoja on murskata puu silpuksi tai puruksi ja ohjata materiaali käy-tettäväksi uusien puutuotteiden valmistuksessa. (Loukasmäki 2017.)

3.3 Hamppubetoni

Hamppubetoni, eli Hempcrete, tehdään kuituhampun päistäreistä, rakennuskalkista ja vedestä. Veden kuivuttua muuttuu rakenne kovemmaksi ja vahvemmaksi. Hampussa olevan selluloosan ja kalkin reaktiosta syntyy mineralisoituminen, jonka ansiosta aines muuttuu kivimäiseksi, mutta hengittää ja eristää hyvin silti ääntä ja lämpöä. (Törmänen 2022.) Kuituhamppua on viljelty Suomessa jo tuhansia vuosia, ja sen hyötykäyttöön viljely on aina ollut laillista. Hamppubetonin hyviä puolia ovat hiilineutraalisuus, energiatehokkuus, hengittävyys, homeenkestävyys, myrkyttömyys, kevytrakenteisuus, tulenkestävyys, vedenkestävyys, tuhoisten kestävyys, hyvä eristyskyky sekä pitkäikäisyys. (Hamppumaa 2022.)

Heikkoja puolia on kulutuksen kesto, se ei siis sovellu hyvin lattiamateriaaliksi mutta toimii erinomaisesti seinämateriaalina. Lisäksi huonona puolena on hamppubetoniin liitettävät ennakkoluulot. Kysymyksessä ei ole kuitenkaan päihdyttävä aine, vaikka se helposti siihen liitettäisiinkin. Kuituhamppua on käytetty rakennuksissa jo putkieristeenä pitkään, koska sen höyrynläpäisevyys ja eristävyys on toiminut käyttötarkoitukseen erinomaisesti. (RakentajaPro 2022.)

Vantaan asuntomessuille 2015 vuonna rakennettu Opaali-talossa hyödynnettiin esimerkiksi hamppubetonia, mikä toi hieman lisää näkyvyyttä rakennusmateriaalille. (Jokela 2015.) Reilun hehtaarin kasvatusalustalta voidaan saada omakotitaloa varten rakennusmateriaalit. Kalkilla päällystetty hamppubetoni on myös palonkestävää. (Komulainen 2017.) Lisäksi materiaali on täysin kierrätettävää.

Aiheesta on valitettavasti vielä heikosti tietoa tarjolla, mutta kehitys on kovassa vauhdissa ja mahdollisesti rakentaminen kuituhampusta tulee yleistymään tulevaisuudessa.

3.4 Fossiilivapaa teräs

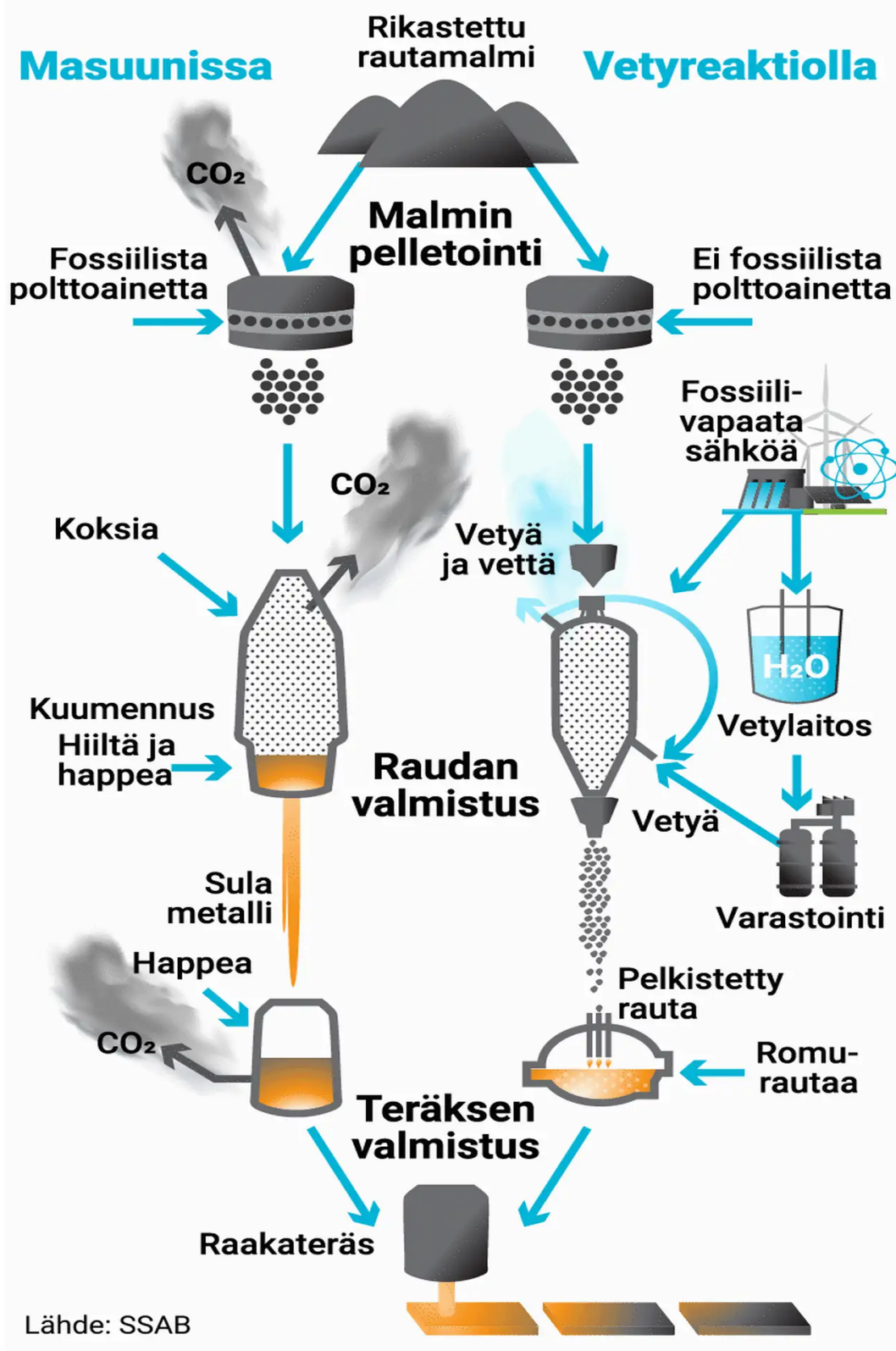
Teräs on suuressa roolissa rakennustuotannossa ja sitä käytetään rungosta kattoon rakennuksissa materiaalina. SSAB esitteli 2021 vuonna maailman

ensimmäisen erän fossiilivapaata terästä, joka on toimitusvalmiina asiakkaille. Teräs on valmistettu Ruotsissa, Oxelösundin tehtaalla ja sitä on pian myös saatavilla Suomessa. HYBRIT-tekniikalla on onnistuttu tuottamaan vedyllä pelkistetty rautasieni, joka korvaa hiilen ja kaksin teräksen valmistuksessa.

Teräksen tuotanto on 7—9 % maailman hiilidioksidipäästöistä, mikä tarkoittaa kolme kertaa enemmän päästöjä kuin esimerkiksi lentokoneiden maailmanlaajuisesti aiheutettujen hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärä. Fossiilivapaan teräksen tuotannossa pyritään käyttämään uusiutuvaa energiaa ja varastoimaan hukkaenergiaa talteen. Teknologiaa on pääasiassa kehitetty SSAB:n kohdalla Pohjois-Suomessa ja Pohjois-Ruotsissa. Fossiilivapaan teräksen tuotanto on tällä hetkellä 20—25 % perinteistä valmistusta kalliimpaa, mutta kustannuksia pyritään uusien tuotantomenetelmien myötä polkemaan alas. (Sipola 2021.)

Sipola kertoo, että ”Raahen terästehtaan omistava ruotsalaisyhtiö aikoo muuttaa Suomen ja Ruotsin terästuotannon kokonaan fossiilivapaaksi” (Sipola 2019). Suomessa noin 7 % hiilidioksidipäästöistä on perinteisin raudan ja teräksen tuotannosta, ja nämä päästöt voidaan minimoida kokonaan, mikäli menetelmä osoitautuu toimivaksi. Terästä pidetään ihmiskunnalle tärkeimpänä materiaalina ja Suomessakin sen kulutus on 400 kiloa asukasta kohden. Se mitä terästä hankitaan, miten sitä on tuotettu ja kuinka paljon sitä käytetään, on oleellista hiilineutraalisuustavoitteeseen pääsyn kannalta. (Sipola 2019.) Kuviossa 6 on kuvitettu erot fossiilivapaan ja perinteisen teräksen tuotannossa.

Teräksen valmistus



KUVIO 6. Ruotsissa testataan ratkaisua, joka mullistaisi yhteiskunnan ja romauttaisi päästöt – ja idea voi tulla käyttöön ensimmäisenä Suomessa (Sipola 2019.)

3 HIILINEUTRAALI TAMPERE 2030

3.1 Tampereen kaupungin tavoite

Tampereen kaupunki on asettanut tavoitteen olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Ideana on, että kasvihuonepäästöjä vähennetään 80 % vuoteen 1990 verrattuna ja 20 % päästöistä kompensoidaan. Tavoite pitää sisällään enemmän kuin vain rakentamisessa syntyvät hiilidioksidipäästöt, mutta rakentaminen on silti tärkeässä roolissa tavoitteen saavuttamiseksi. Tampereen kaupunki on koonnut Hiilineutraali Tampere 2030 tiekartan, joka pitää sisällään 236 toimenpidettä. Ne on jaoteltu kaupunginsuunnitteluun, liikennejärjestelmään, rakentamiseen, energiaan, kulutukseen ja kaupunginluontoon. Tavoitteessa on paljon isoja investointeja, mutta myös pienempiä tekoja, joilla voidaan auttaa tavoitteeseen pääsyä. Hiilineutraalisuus ei ole silti suinkaan ainoa positiivinen puoli kehityksessä, vaan se pitää myös sisällään terveys- ja taloushyötyjä. (Syvälä 2022.)

Tiekartta on hyväksytty 31. 8.2020, ja sen on suunnitellut Kestävä Tampere 2030-ohjelma ja ilmasto- ja ympäristöpolitiikan yksiköt yhdessä kaupungin palvelualueiden, yksiköiden, liikelaitosten ja yhtiöiden kanssa. Tiekarttaa tullaan päivittämään kahden vuoden välein. (Syvälä 2022.)

2020 oli mitattu Tampereen Kaupungin päästöiksi 820 kt/v ja tavoitteeksi on asetettu 260 kt/v. Ilmastovahdista voi tarkastella, mistä suurin osa päästöistä syntyy ja kuinka paljon päästöjä tulee vähentää tavoitteen saavuttamiseksi. Listassa ovat liikenteen-, rakennusten lämmityksen-, sähkönkulutuksen-, teollisuuden ja työkoneiden-, jätehuollon-, sekä maatalouden päästöt. Luvuissa 3.2–3.5 perehdytään tarkemmin rakentamiseen liittyviin tavoitteisiin ja toimenpiteisiin.

3.2 Rakennuksen lämmityksen päästöt

Rakennuksen lämmityksen päästöt on listattu suurimmaksi päästöjen aiheuttajaksi. Päästöiksi on mitattu 2020 vuonna 310 kt ja tavoite on minimoida päästöt 89 % pienemmiksi, 62 kt/a. Erilaisia päästöjen aiheuttajia ovat kaukolämmön päästöt, erillislämmityksen päästöt ja sähkölämmityksen päästöt. (Tampereen Kaupunki 2020.)

Kaukolämmön päästöt ovat suurin hiilidioksidintuottaja rakennuksen lämmittämisen päästöissä. Kaukolämpö on suosituin lämmitysmuoto turvallisuuden ja mukavuuden puolesta, lisäksi se on kustannustehokas. Kaukolämmön hiilidioksidipäästöt syntyvät tuotannossa polttoaineiden poltosta ja biopolttoaineiden valmistuksesta, varastoinnista, kuljetuksesta, maakaasun siirrosta, sähkönkulutuksesta ja hallinnosta. (Vattenfall 2022.)

Tampereen tavoite on vähentää kaukolämmöstä koituvia päästöjä 91 % 2030 vuoteen mennessä. Kulutusennusteeseen sisältyvät Tampereen sähkölaitoksen päästöt, korjausrakentamisen päästöt, uudisrakentamisen lämmitysvalinnat, rakennusten poistuma, väestönkasvu, asumisväljyys, kaukolämmöstä pois vaihtaminen ja ilmaston lämpeneminen. (Tampereen Kaupunki 2020.)

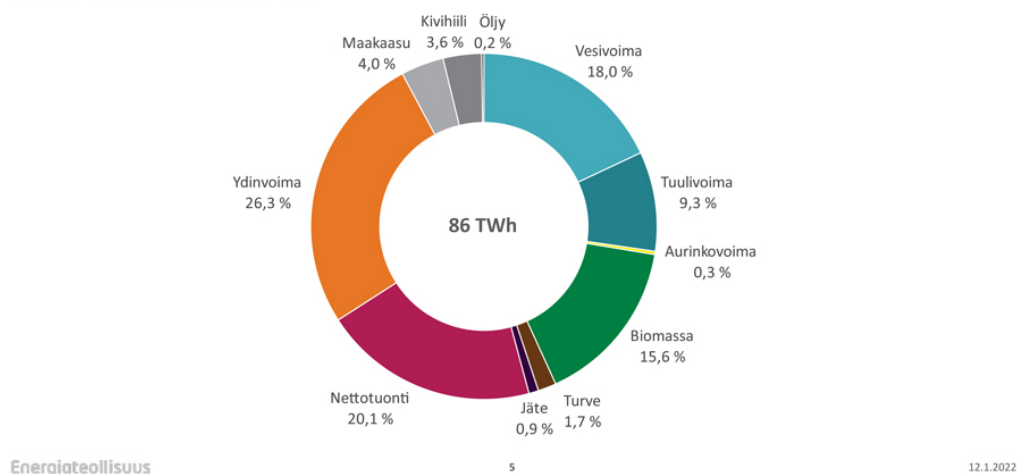
Erillislämmityksellä tarkoitetaan muuta kuin kaukolämpöä tai lämmityssähköä. Fossiiliset polttoaineet ovat puhuttaneet globaalisti jo pitkään, ja ne pitävät sisällään esimerkiksi öljyn, maakaasun ja kivihiilen. Energiaa syntyy polttamisreaktiossa, jossa vapautuu runsaasti hiilidioksidipäästöjä ilmakehään. Tolonen kertoo artikkelissaan ”Suomessa yli 40 % sähkön, lämmön, liikenteen ja teollisuuden energiasta tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla ja turpeella”. (Tolonen 2019.)

Öljylämmityksen päästöt olivat 2020 Tampereella 48,6 kt ja kaasulämmityksen päästöt 1,6 kt. Näitäkin päästöjä tulisi vähentää 83 %, jotta hiilineutraaliin tavoitteeseen päästäisiin 2030 mennessä. Öljylämmityksellä voidaan tuottaa suurta lämmitystehoa nopeasti, mutta pitkällä tähtäimellä se ei ole edullisin tai järkevin valinta. Jotta Tampere saavuttaisi tavoitteensa, tulisi siis öljylämmityksestä luopua kokonaan yksityisen ja kaupungin rakennuskannassa.

3.3 Sähkön kulutuksen päästöt

Sähkön kulutuksen päästöt on jaettu kahteen osaan: muun sähkön kulutuksen päästöt ja teollisuuden sähkön kulutuksen päästöt. Tärkeintä on lähestyä sähkön kulutusta siitä näkökulmasta, miten sähköä tuotetaan, uusiutuvalla energialähteillä, ydinvoimalla vai fossiilisilla polttoaineilla. Kuviosta 7 voi päätellä, että ydinvoima on tällä hetkellä yleisin sähköntuotannon muoto, koska sähkön käyttö on niin suurta Suomessa, ettei pelkällä vesi-, tuuli- tai aurinkovoimalla voida tuottaa riittävästi energiaa tarpeisiimme. Tämä ei kuitenkaan pois sulje sitä, etteikö sähkönkäyttöä voisi pyrkiä minimoimaan, jotta voisimme turvautua uusiutuviin energialähteisiin. (Energia Maailma 2022.)

Sähkön tuotanto energialähteittäin ja nettotuonti 2021



KUVIO 7. Energiantuotanto (Energia Maailma 2022.)

Sähkön kulutuksen päästöjä halutaan vähentää 88 % vuoteen 2030 mennessä. Esimerkiksi Tampere suunnittelee tällä hetkellä katuvalaistuksen vaihtamista LED-valaisimiksi niiden vähäisen sähkön kulutuksen ja pitkäikäisyyden vuoksi.

Muun sähkön kulutuksen päästöt olivat 2020 88,2 kt, ja tavoite on pienentää lukuja 37 kt/a, eli 87 %. Kulutus on jaettu kolmeen sektoriin: asuminen ja maatalous, palvelut ja rakentaminen, sekä teollisuus. Mittaustulokset pitävät sisällään myös sähkölämmityksen ja lämpöpumppujen sähkönkulutuksen. Erilaisia sähkön kulutuksen säästöjä voi tehdä yksilötasolla, kuten rakennuksen lämmityksessä

alentamalla lämpötilaa mahdollisuuksien mukaan. Pelkkä yhden asteen pudotus sisälämpötilassa säästää 5 % vuodessa lämmitysenergiaa.

Teollisuuden sähkön kulutuksen päästöt ovat ilmastovahdin mukaan olleet 17,7 kt 2020 vuonna, tarkoitus on vähentää päästöjä 92 %. Tämä koskettaa myös rakennusteollisuutta.

3.4 Teollisuuden ja työkoneiden päästöt

Rakennusalaan koskevat teollisuuden ja työkoneiden päästöt on listattu myös Hiilineutraali Tampere 2030 tavoitteeseen. 2020 päästöt olivat teollisuuden ja yksityisten työkoneiden kohdalla 91,8 kt ja kaupungin työkoneiden kohdalla 2,15 kt. Tavoitteena on vähentää päästöjä 59 % 2030 vuoteen mennessä. Työkoneiden päästöt muodostuvat pääasiassa niiden moottoreissa käytetyistä fossiilisista polttoaineista. Konetekniikkaa on pyritty kehittämään niin, että työkoneet kulkisivat esimerkiksi biopolttoaineilla tai sähköllä. Tavoitteessa on erikseen määritelty yksityisten ja kaupungin omien työkoneiden päästöt. (Tampereen Kaupunki 2020.)

Rakennustyömaalla on käytössä useita koneita samanaikaisesti, ja ne ovat tärkeässä roolissa työn kannalta. Työkoneilla saadaan nostettua painavia materiaaleja, elementtejä ja pystytään tekemään kaivuutöitä. Työkoneista luopuminen ei siis ole vaihtoehto, koska nykypäivän rakentaminen ei onnistuisi ilman niitä.

Tampereen kaupungin työkoneita ovat esimerkiksi aurat, traktorit ja huoltoajoneuvot. Nämä kyseiset työkoneet on tähän asti toimineet pääasiassa dieselöljyllä, joka ei ole hiilineutraalia, sillä kyseessä on fossiilinen polttoaine. Dieselöljyn hiilidioksidipäästöt ovat korkeat. Se pyritään vaihtamaan kaikkien koneiden kohdalla uusiutuvaan dieseliin 2030 vuoteen mennessä. Uusiutuva diesel tehdään rasvapitoisista uusiutuvista raaka-aineista vetykäsittelyn avulla, jolloin lopputuloksena on parafiininen hiilivety. (Ruokanen 2018.) Tämä ei ole sama asia kuin biodiesel. Nimensä mukaan uusiutuvan dieselin uusiutuvat raaka-aineet leikkaavat sen hiilijalanjälkeä. Ratkaisu ei ole täysin hiilineutraali, mutta kaupunkien koneiden hiilidioksidipäästöt ovat kokonaisuuteen nähden hyvin marginaaliset.

3.5 Jätehuollon päästöt

Jätehuollon päästöt aiheutuvat kiinteiden jätteiden, biojätteiden ja jäteveden käsittelystä. Kiinteiden jätteiden käsittelyn päästöt olivat 65,7 kt 2020 ja jäteveden puhdistuksen päästöt olivat 6,9 kt 2020 mitattuna. Rakennustyömaalla syntyy esimerkiksi pakkausjätettä ja materiaalijätettä päivittäin. Tavoite on saada kiinteän jätteen päästöt 45 kt/a, eli vähentää päästöjä 16 %. (Tampereen Kaupunki 2020.)

Kiinteän jäte tarkoittaa tuotteita, joiden käyttöikä on päättynyt tai joka on saavuttanut tavoitteensa. Nämä jätteet pyritään ensisijaisesti kierrättämään, viimeisenä vaihtoehtona jäte voidaan sijoittaa kaatopaikalle tai polttaa polttolaitoksessa. Tuotteen hajoamisprosessissa syntyy biokaasua, joka sisältää paljon energiaa ja jota voidaan hyödyntää sähkön tuottamiseen. Jätteitä syntyy siis kaikkialla, yksityisiltä asukkailta, kaupungeilta tai yrityksiltä, ja ne voivat olla kiinteitä, kaasumaisia tai nestemäisiä. Esimerkkejä kiinteistä jätteistä ovat muovi, paperi tai pahvi, sekä lasi. Öljyt tai savu ei ole kiinteää jätettä. (Tampereen Kaupunki 2020.)

Jätteet lajitellaan vaarallisiksi ja vaarattomiksi, riippuen niiden vaikutuksista ihmisille ja ympäristölle. Jos jäte on vaarallista, saattaa se olla myrkyllistä, räjähtävää tai syövyttävää ja sen pääsy ympäristöön pitää estää kokonaan ennen käsittelyä. Kun puhutaan vaarattomista jätteistä, voi ne jakaa kolmeen osaan eli biohajoavaan, inerttiin tai kierrätettävään. Biohajoavat aineet toimivat maaduttuaan lannoitteena maaperälle, jos ne on lajiteltu oikein. Inerttijätteellä tarkoitetaan jätettä, joka ei hajoa nopeasti, mutta maatuu kumminkin pidemmän ajan kuluttua. Niitä ovat esimerkiksi pahvi ja paperi. Kierrätettävä jäte on taas jätettä, joka pyritään palauttamaan tuotteiden raaka-aineeksi ja tämä on yleisintä jätettä, jota syntyy rakennusteollisuudessa. Kyseinen jäte, vaarattomuudesta huolimatta, ei siis maadu ja siksi se tulee kierrättää. Jätteiden lajittelua varten kaupunki ja taloyhtiöt yleensä hankkivat tarvittavat keräysastiat, joihin jätteet voi lajitella. Keräysastioiden monipuolisuus nopeuttaa jätteiden käsittelyä, kun ne haetaan pois ja siirretään jätteidenkäsittely keskuksiin. (Uusiutuva vihreä 2022.)

4 MASTER KODIT OY

4.1 Master Yhtiöt konserni

Master Yhtiöt on perustettu vuonna 1990, ja se on kiinteistö- ja aluekehityksen erikoisosaaja. Toiminta on rajoittunut Itä-Suomen, Pirkanmaan ja pääkaupunki-seudun alueelle. Master Kodit on osa Master Yhtiöt konsernia ja se rakentaa vuosittain yli 200 kotia. Konserniin kuuluvat Master Kotien lisäksi Vantaan Siemen ja Kone Oy sekä Teräsasennus Toivonen Oy. (Master Kodit 2022.)

Master Kodit Oy rakentaa pääasiassa kerros- tai rivitaloja vilkkaiden liikenneväylien varrelle. Kerrostaloasunnot pyritään tuottamaan niin, että ne soveltuvat sekä sijoittajille että omistusasunnoiksi. Asuntojen kooissa on siis paljon eroja, mutta suurin osa on yksiöitä tai kaksioita. Rivi-, pari- tai luhtitalot on tarkoitettu enemmän perheasunnoiksi, joten ne ovat kooltaan suurempia ja niihin pyritään sisällyttämään esimerkiksi omat pihat. (Master Yhtiöt 2022.)

Rakennusmateriaalina kerrostaloissa käytetään pääasiallisesti betonia. Julkisivuissa käytetään myös muita materiaaleja. Pienemmät tai matalammat talot pyritään tuottamaan puurunkoisina.

Master Kotien tavoitteena on pitää käynnissä noin viidestä kymmeneen kohdetta samanaikaisesti. Rakentaminen on jakautunut 80 % asuinkohteisiin ja 20 % toimitilakohteisiin. Asuinkohteiden keskimääräinen valmistumisaika on 12 kuukaudesta 15 kuukauteen ja toimitilojen 6 kuukaudesta 8 kuukauteen.

4.2 Hiilineutraalisuutta kohti

Master Kodit hankkii tontit rakennushankkeille ja vastaa kaikesta suunnittelusta, rakennussuunnittelusta LVIS-suunnitteluun. Master Kodeilla on siis mahdollisuus vaikuttaa siihen, millaisilla materiaaleilla, kalusteilla ja ratkaisuilla rakennukset tuotetaan.

Tavoitteena on päästä hiilineutraaliksi kaupunkien asettamien tavoitteiden aika-
taulujen mukaisesti. Siirtyminen hiilineutraalisuuteen on haluttu aloittaa jo
ajoissa, ja esimerkiksi sähköliittymien osalta Master Kodit Oy hankkii sähkönsä
100 % uusiutuvasta sähköenergiasta (GO-sertifikaatti). (Master Yhtiöt 2022.) Hii-
lineutraalin rakentamisen vaihtoehtoihin on pyritty tutustumaan ja valitsemaan
niistä kohteille sopivia vaihtoehtoja. Aurinkoenergian ja maalämmön suosimista
on pyritty yleistämään, ja toimintaperiaatteena on hyödyntää uusiutuvaa energiaa
ja jakaa siitä saatava hyöty kiinteistöjen omistajien hyväksi. Näin voidaan alentaa
asukkaiden maksamia hoitovastikkeita ja parantaa asuntojen haluttavuutta.

Rakennuttajan vastuu ei pääty, kun rakennus on valmis, koska pienemmät vir-
heet tai viat saattavat jäädä jälkitarkastuksissa huomioimatta. Materiaaleja jou-
dutaan vaihtamaan, ja työmaan loputtua hukkamateriaalit heitetään yleensä pois
uudelleenkäyttämättä niitä. Hyvän rakennustavan mukaista on saada projekti
kerralla valmiiksi ja näin voidaan myös vähentää turhien materiaalien pois heittä-
minen ja turhat työmaakäynnit. Esimerkiksi talotekniikan osalta, ennekuin alas-
lasketut katot asennetaan ja talotekniikka jää piiloon, on hyvä pyytää kaikki ura-
koitsijat tarkastamaan asennukset, jotta vältytään katon uudelleen avaukselta.
Lisäksi siivoojat, jotka käyvät vielä pinnat läpi hankkeen loppuvaiheessa, voidaan
kouluttaa huomioimaan kiinteistössä havaittavat pintapuoliset virheet. Näin voi-
daan korjaukset toteuttaa vielä työmaavaiheessa, eikä vasta luovutuksen jäl-
keen. Rakennuttajan käydessä useita asuntoja läpi voi tulla niin sanotusti soke-
aksi virheille, koska asunnot ovat hyvin pitkälti saman näköisiä, eikä osata tar-
kastaa kalusteita ja pintoja huolellisesti lopputarkastuksen yhteydessä.

4.2.1 Haastatteluiden analysointi

Haastattelut suoritettiin verkkotapaamisina ja sähköpostitse. Haastatteluissa oli
mukana Master Kodit, sekä Vexatec, joka on Master Kotien pitkäaikainen yhteis-
työkumppani. Haastatteluiden ideana oli kartoittaa rakennusalan eri toimijoiden
näkemystä hiilineutraalisuuteen siirtymisestä, sekä ideoida tulevaisuuden

rakennesuunnittelua. Lisäksi pyrittiin kartoittamaan hiilineutraalisuuden nykytilannetta ja siihen liittyviä ennakkoluuloja.

Haastatteluiden perusteella hiilineutraalisuus on rakennusalan ammattilaisille ennestään tuttu käsite. Projektihallinnasta vastaava Mikko Telanne kertoi ”Kyllä, siltä osin miten tavalliselle kansalaiselle asiaa esitellään. Varsinaisia koulutuksia tai luentoja ei aiheesta ole pohjalla” (Telanne 2022.) Myyntipäällikkö Hanna Kivelälle aihe ei ollut kovin tuttu entuudestaan, eikä hän ole aiemmin myynyt hiilineutraaleja rakennuksia kuluttajille, mutta hän kertoi ”Mielellään myisin hiilineutraaleja koteja, koska mielikuviin liitetään ekologisuus ja ilmastonmuutos. Nykyisin asiakkaat ovat tiedostavia ja saattavat näistä kysyä.” (Kivelä 2022.) Hiilineutraalisuuden yleistyminen yrityksille ja kuluttajille on selvää, mutta enemmän teoria pohjalla kun käytännössä. Hiilineutraalisuutta kuvailtiin positiivisena, rakentamista edistävänä aiheena ja myös pakollisena pidemmällä tähtäimellä, mutta haasteena ilmeni toimitusjohtaja Teemu Auvisen haastattelussa puunkäytön laajuus, kustannukset ja laskenta- ja tutkimustavat. Kustannukset riippuvat todella paljon siitä, mitä materiaalia käytetään ja mistä nämä hankitaan. Myyntipäällikkö Kivelä olettaisi hiilineutraalisuuden helpottavan myyntiä, vaikkakin tällä hetkellä korot ovat nousussa ja asiakkaiden ostohalu vähenee. Hiilineutraalit rakennukset, riippuen tuotantotavasta, ovat oletettavasti kalliimpia. Niiden arvo pysyy kuitenkin pidempään ja tämä voisi vedota ostajiin turvallisempana ja kannattavampana sijoituksena.

Uusiutuvat energiamuodot, energiatehokkuus ja hybridijärjestelmät nousivat esille haastatteluiden yhteydessä, ja nämä ovat hyviä ratkaisuja hiilineutraalisuuteen siirtymisessä. Projektihallinnasta vastaava Telanne kertoi ”Sähkösuunnittelussa voidaan vaikuttaa kulutukseen eniten valaisinvalinnoilla, jotka ovat pitkään olleet LED-valintoja” (Telanne 2022.) LED-valaisimet ovat saavuttaneet myös kaupungin suosion, kuten Hiilineutraali Tampere 2030 tavoitteesta huomaa, sekä ne ovat yleistyneet yritysten rakennustuotannon sähköistyksessä niin työmaavaiheessa kuin valmistuneissa rakennuksissakin.

Uudet innovaatiot tulevat helpottamaan niin rakentamista kuin myös LVIS-asennuksia tulevaisuudessa ja niitä on tälläkin hetkelläkin monipuolisesti tarjolla. Projektipäällikkö Pauli Närhi kertoi ”Alalla tulee uusia innovaatioita, automatiikka tulee entistä olennaisemmaksi osaksi. Jäädytys on tulossa samalaiseksi kuin lämmitysikin.” (Närhi 2022.) Master Kodeilla on rakennus- ja LVIS-suunnittelussa

suurin vastuu ja päätösvalta siinä, millaisia ratkaisuita rakentamisen, automaation ja talotekniikan osalta tullaan tekemään. Suurin osa kehitysideoista liittyi suoraan materiaaleihin ja toimilaitteisiin, mutta hiilineutraalia rakentamista voidaan myös kehittää työmaatoiminnalla ja tässä on suurin vastuu työnjohdolla sen valvoessa rakennushanketta. Master Kotien toimitusjohtaja Auvinen kuvaili hiilineutraalisuuteen siirtymistä seuraavanlaisesti ”Siihen siirtyminen pyritään toteuttamaan vähitellen, jotta näihin toimenpiteisiin pystytään rauhassa paneutua ja voidaan varmistaa, että rakennukset ovat todellakin käytännöllisiä ja kestäviä uusista ratkaisuista huolimatta” (Auvinen 2022).

5 MASTER KOTIEN HIILINEUTRAALISUUDEN KEHITTÄMINEN

Työssä on luvuissa 2–4 perehdytty hiilineutraalisuuden tavoitteeseen ja sen suurimpiin ongelma-kohtiin, sekä lisäksi Master Kotien toimintaan ja rakentamiseen. Luvussa 5 lähdetään purkamaan näitä haasteita ja tavoitteita itse toimenpiteisiin, ja siihen, mitä tulevaisuudessa voidaan tehdä.

5.1 Rakennuksen lämmityksen päästöt

Koska Master Kodit vastaavat myös rakentamiensa kohteiden suunnittelusta, yrityksellä on hyvä mahdollisuus vaikuttaa myös rakennuksen lämmitysmuotojen valintaan. Tällä voidaan minimoida rakennuksen elinkaaren aikana syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Kaukolämmitykseen liittyminen vaatii kuitenkin sitä, että rakennuksen sijainti on kaukolämpöverkkojen läheisyydessä, jotta tästä ei synny suurempia kustannuksia. (Rakentaja.fi 2008.) Lämmitys voidaan myös toteuttaa maalämmön avulla, joka on ympäristöystävällinen ja energiatehokas vaihtoehto, mikäli tontille on mahdollisuus porata maalämpökaivoja.

5.1.1 Kaukolämmityksen päästöt

Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Päästöjä voidaan minimoida hyödyntämällä uusiutuvia polttoaineita kaukolämmön tuotannossa, esimerkiksi puuta.

Tällä hetkellä Tampereelle rakennetaan Naistenlahti 3 -biovoimalaitosta, jota tavoitellaan hiilinegatiiviseksi. Se valmistuu 2022 vuoden loppupuolella ja korvaa 1977 vuonna valmistuneen Naistenlahti 2 voimalaitosyksikön. Hankkeen myötä kaukolämmön tuotanto Tampereen alueella voidaan saattaa hiilineutraaliksi ja täten kaukolämmön saanti, tuotanto ja käyttö vähentäisi huomattavasti

rakennusten lämmityksestä aiheutuvaa hiilijalanjälkeä. Naistenlahti 3 -biovoimaitoksessa pyritään nykYTEknologian avulla mahdollistamaan palamisessa aiheutuvan hiilidioksidipäästöjen talteenottoa ja varastointia. Laitoksen tavoite on hyödyntää 100 % hiilineutraaleja polttoaineita ja varastoida palamisesta syntyvät hiilidioksidipäästöt. (Joronen 2022.) Tämä on yksi konkreettinen keino lähestyä hiilineutraali Tampere 2030 tavoitetta ja toteuttamalla rakennukset kaukolämmitteisinä voidaan tukea tavoitteen saavuttamista.

5.1.2 Erillislämmityksen päästöt

Kaukolämmityksen lisäksi on käytössä muitakin lämmityksen muotoja. Aalto yliopisto arvioi, että 95% Suomen primäärienergiasta voitaisiin tuottaa jo markkinoilla olevilla, tuuleen, aurinkoon, biomassaan ja ydinvoimaan perustuvilla teknologioilla (Tolonen 2019). Tavoitteeseen pääsy vaatii energiantehokkaita ratkaisuja ja fossiilisiin polttoaineisiin nojaavien lämmitysmuotojen välttämistä.

Paras tapa tavoitteen kannalta on luopua kokonaisuudessaan öljylämmityksestä tai kaasulämmityksestä. Sähkölämmitys, varsinkin pientaloissa, on tyypillinen lämmitysmuoto. Riippuen mistä sähkönsä tilaa, voi se olla ympäristöystävällinenkin vaihtoehto, mutta sähkön kallistuessa sen suosio on hiipumassa. Muita vaihtoehtoja rakennuksen lämmittämiseen on jo markkinoilla ja niihin on kannattavaa perehtyä, sillä suurin hiilijalanjälki rakennuksen elinkaareissa syntyy rakennuksen lämmityksestä.

Maalämpöä pidetään tällä hetkellä taloudellisimpana, ympäristöystävällisenä ja tasaisena lämmitysmuotona, sekä se voi vaikuttaa positiivisesti kiinteistön arvoon (sähkölämmitykseen verrattuna 70–80 % suurempi säästö energiakustannuksissa). Lisäksi maalämpöä voidaan suosia isommissakin rakennushankkeissa. Pientalojen rakentamisessa voidaan suosia ympäristöystävällistä ja edullista poistoilmalämpöpumppua (sähkölämmitykseen verrattuna 40–60 % suurempi säästö energiakustannuksissa), jolla voidaan hoitaa rakennuksen ilmanvaihto ja käyttöveden lämmitys. Myös ilma-vesilämpöpumppu on kasvattanut suosiotaan

ympäristöystävällisyydellään ja energiasäästöpotentialiltaan (sähkölämmitykseen verrattuna 40–60 % suurempi säästö energiakustannuksissa), varsinkin kohteissa, joissa maalämpöä ei voida hyödyntää. (LämpöYkkönen 2017.)

5.1.3 Rakennusaikaisen lämmityksen päästöt

Rakennuksen työmaa-aikainen lämmittäminen tulee myös huomioida, koska rakennustyömaalla tulee olla hyvät olosuhteet työskentelyn ja rakenteiden asennuksien aikana. Markkinoilta löytyy erilaisia ilmalämpöpumppuja ja sähköpuhaltimia työmaa-aikaista lämmitystä varten.

Keväällä 2022 on kehitetty uusi kustannustehokas maalämpöön nojaava Geolo lämmitys- ja viilennyskontti, joka on uudenlainen tapa minimoida CO₂-päästöjä rakennusaikana. Mikäli rakennukselle ollaan poraamassa maalämpökaivoja, voi niitä hyödyntää myös Geolo-konttia varten, eikä tämä silloin aiheuta ylimääräisiä toimenpiteitä rakennustyömaalla. Geolo-kontti tuottaa tasaisesti lämpöä, ja se on siksi ihanteellinen ratkaisu tuotanto-olosuhteissa. (Nikkinen 2021.) Geolon esitelyssä kerrotaan " – Geolo on käytännössä rakennusaikaista lämmitystä ja viilennystä tuottava pienvoimala, joka on suunniteltu rakennusaikaisten olosuhteiden hallintaan." (Jokitalo 2022.) Ratkaisu auttaa työmaata pysymään paremmin aikataulussa ja takaa paremmat olosuhteet niin rakennusmateriaaleille kun työntekijöille, ympärivuotisesti ja hiilineutraalisti. Kyseinen ratkaisu on erillinen, ja se tuodaan kohteeseen rakennusajaksi. Sillä on myös mahdollisuus säästää kustannuksissa, koska työmaan ei tarvitse venyä olosuhteiden, kuten lämpötilan tai ilmankosteuden vuoksi. (Jokitalo 2022.)

Vastaavanlaisia uusia innovaatioita tulee jatkuvasti markkinoille ja niitä kehitetään kustannustehokkaampaan ja monipuolisempaan käyttöön.

5.2 Sähkön kulutuksen päästöt

Sähkön kulutus on myös listattuna Hiilineutraali Tampere 2030 tavoitteeseen ja aihetta avataan tarkemmin luvussa 3.3. Se pitää sisällään muun sähkön kulutuksen päästöt ja teollisuuden sähkön kulutuksen päästöt. Seuraavassa luvussa sähkön kulutuksen päästöjä tarkastellaan rakentamisen näkökulmasta.

5.2.1 Muun sähkön kulutuksen päästöt

Sähkön kulutusta voidaan minimoida yksilötasolla ja tuotannon tasolla. Huomioitavaa on, vaikka sähköä tuotettaisiin uusiutuvilla energianlähteillä, on silti turha sähkön kulutus aina hukkaa, eikä sitä tule suosia.

Rakennuksen energiatehokkuuteen tulee puuttua jo suunnitteluvaiheessa. Erilaiset tekniset järjestelmät, jotka osaavat säädellä rakennuksen sähkönkulutusta voivat olla iso tekijä päästöjen minimoimiseksi. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti. Ne kannattaakin asentaa rakennukseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta niitä voidaan hyödyntää jo rakennusaikana. (Ympäristöministeriö 2022.) Tärkeää on myös opastaa asukkaita oman asuntonsa automaatiojärjestelmien käytössä ja mahdollisesti myös tarjota heille opastusta oman sähkönkulutuksen minimoimiseksi. Kuten aiemmin jo mainittiin, yhden asteen pudotus sisälämpötilassa säästää 5 % vuodessa lämmitysenergiaa.

Erilaiset kiinteät valaisimet tai kodinkoneet voi rakennuttaja valita sen mukaan, mikä on energiatehokkain ratkaisu. Esimerkiksi, niin kuin aiemmin mainittu, LED-valaisin on pitkäikäinen ja energiatehokas valaisinvaihtoehto.

5.2.2 Rakennustyömaan sähkönkulutuksen päästöt

Teollisuudessa energian kulutusta voidaan minimoida sammuttamalla aina turha teknologia, kuten työkoneet siksi aikaa, kun ne eivät ole käytössä, ja pyrkiä hyödyntämään hukkaenergiaa. Pienet teot, kuten työmaakoppien valojen sammutus yöksi ja viikonlopuiksi, voivat säästää aikaa myöten paljonkin sähköä.

Rakennustyömaalla tulisi puuttua kosteudenhallintaan, sääsuojaukseen, lämmitykseen ja kuivaukseen, sekä selvittää mihin energia työmaalla kuluu. Kosteudenhallinnassa tavoite on varmistaa, etteivät materiaalit turhaan kastu. Tämä vaatii hyvää logistiikkasuunnittelua ja sen varmistusta, että työmaalla on rakennusaikaisille materiaaleille aina säilytyspaikka. Tämä ei pelkästään ole energiatehokasta, koska työmaalla ei tarvitse tehdä erillisiä toimenpiteitä materiaalien kuivattamista varten, vaan se myös tukee materiaalitehokkuutta. Tämä toimenpide myös useasti auttaa työmaa-aikataulussa pysymisessä. Kosteudenhallintasuunnitelma kannattaa siis laatia työmaalla ja pitää huolta siitä, että sitä myös seurataan.

Suomessa on myös tärkeää puuttua sääsuojaukseen, koska meillä on neljä vuodenaikaa, joista jokainen on yhtä arvaamaton. Hyvällä sääsuojauksella voidaan siis säästyä turhilta lämmitys- ja kuivaustoimenpiteiltä, jotka hidastavat aikataulua ja kuluttavat turhaa energiaa, esimerkiksi lämmityslaitteiden käytössä. Mikäli työmaalla ei ole varastotilaa voi sääsuojat rakentaa itse tai tilata materiaaleille säilytystilan, esimerkiksi merikontin työmaalle.

Työmaalla tehtävä lämmitys ja kuivaus usein kuluttaa paljon energiaa. Niitä varten on suunniteltu erilaisia työvälineitä kuten lämmittimiä ja kuivattimia, jotka kaikki kuluttavat sähköä ja niiden käyttöä harvemmin rajoitetaan. Yleisesti on siis kannattavaa jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon tulevat sääolosuhteet ja se, miten olosuhteilta saadaan suojattua materiaalit ja rakennus. Hyvä tapa on myös pitää kirjaa työmaalla energiankulutuksesta, esimerkiksi energiankulutusmittareilla, jotta voidaan puuttua siihen, mikä kuluttaa eniten sähköä. Näin voidaan pureutua suoraan ongelmaan ja tehdä parempia, energiatehokkaampia ratkaisuja seuraavilla työmailla. (Ympäristö osaava 2022.)

Master Kodit tilaa GO-sertifikaatin mukaisesti työmaillensa vain uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä, mikä on suuri harppaus eteenpäin. Näin voidaan taata hiilineutraali sähkö jo rakennusvaiheessa, mutta on hyvä silti muistaa pienemmätkin toimenpiteet, kuten turhan energiakulutuksen minimointi.

5.3 Rakennustyömaan työkoneiden päästöt

Tampereen Kaupungin tavoitteeseen oli listattuna kaupungin työkoneiden päästöt ja teollisuuden työkoneiden päästöt. Kaupungin työkoneiden päästöihin ei voi rakennusyritys vaikuttaa, mutta rakentajalla on oikeus päättää millaiset työkoneet sillä on rakennustyömaalla käytössä. Työmaalla käytetään usein vuokrakoneita, jolloin on hyvä mahdollisuus miettiä, millaisen työkoneen työmaalle tilaa ja kellenä. Tärkeää on perehtyä työkoneen kulutukseen, kulkeeko se sähköllä, dieselillä vai polttoöljyllä. Sähköllä toimivat koneet ovat käytönaikaisilta päästöiltään ympäristöystävällisin vaihtoehto ja riippuen siitä, mistä sähkön ostaa, niiden käyttö voi olla jopa hiilineutraalia. Sähkökäyttöiset työkoneet ovat lisäksi hiljaisempia kuin polttomoottorilla toimivat koneet.

Biopolttoaineella tai sähköllä voidaan vähentää 70 % päästöjä verrattuna perinteiseen dieselmoottoriin. Polttoaineiden kallistuessa ympäristöystävällisemmät vaihtoehdot alkavat kustannuksissakin olemaan kilpailukykyisiä.

Ylen artikkelissa kerrotaan: ”Jos esimerkiksi kurottajalla pitää nostaa 3,5 tonnia, se voi tarvita sadan kilowatin moottorin. Moottori on mitoitettava maksimitarpeen mukaan, sillä polttomoottorin energiaa ei voi varastoida vaan se on käytössä koko ajan. Hybridimallissa maksiminostoa varten voimaa otettaisiin sähkömoottorista ja akusta, ja kone pärjäisi vaikkapa 60 kilowatin dieselmoottorilla.” (Heikinmatti 2022.) Vaikka ratkaisu ei olisikaan täysin hiilineutraali, kulutuksen jakaminen sähkön ja dieselmoottorin välille on silti parempi ratkaisu kuin nojata pelkästään diesel- tai polttoöljyn varaan. Näillä valinnoilla on suuri vaikutus kokonaispäästöihin, usean vuoden kestäväällä työmaalla, jossa on useita työkoneita päivittäin käytössä. Jos kaikkia päästöjä ei voisikaan leikata kokonaan, voidaan pienemmät päästöt pyrkiä kompensoimaan muilla tavoilla.

Käytön optimointi on myös yksi lähestymistapa päästöjen minimoinnissa. Työmaalla saatetaan jättää työkoneet tyhjäkäynnille kahvitauon ajaksi tai työkoneessa odotetaan jotain, samalla kun se on käynnissä. Nämä pienet turhat käytöt voivat aiheuttaa suuriakin päästöjä pidemmällä aikavälillä. Siksi on tärkeää pitää huolta siitä, ettei työkoneita jätetä turhaan tyhjäkäynnille sekä välttää turhaa ajoa. (Heikinmatti 2022.)

Polttoaineen kulutus työkoneissa on huomattavasti suurempi kuin normaalissa henkilöautossa, koska niiden moottorien tulee olla mahdollisimman isot ja tehokkaat työn toteuttamisen vuoksi. Työkone kuluttaa keskimäärin 20 l/h dieselpolttoainetta. Diplomi-insinööri Jarkko Nokka kertoo väitöskirjassaan, että hybriditekniikan avulla työkoneiden polttoaineen kulutus saataisiin vähennettyä puoleen nykyisestä ja hybridityökone maksaisi polttoainesäästöinä itsensä takaisin muutamassa vuodessa. (Kivimäki 2018.)

Hybridityökone sisältää polttomoottorin lisäksi myös sähkömoottorin. Työkoneet eivät vaadi jatkuvaa tehokkuutta moottorilta, vaan ainoastaan kun moottoria kuormitetaan esimerkiksi nostojen yhteydessä. Nykyiset työkoneiden dieselmootorit mitoitetaan maksimitehon mukaan, eli näiden hetkellisten töiden mukaan. Tällöin työkoneet käyvät täydellä teholla jatkuvasti, myös silloin kun ei tarvitsisi. Siksi hybridikoneeseen voidaan suunnitella keskimääräisen tehon tarpeen mukainen dieselmoottori ja tuottaa sähköllä energiaa niihin hetkellisiin töihin, jotka vaativat suuremman tehon. Kun työkone ei tee rasittavaa työtä, vaan on esimerkiksi ajossa tai tyhjäkäynnillä, voi sähkömoottori ladata itseään seuraavia tehopiikkejä varten. (Kivimäki 2018.)

Nämä ratkaisut ei ole pelkästään ympäristöystävällisiä ja hiilineutraalisuutta tavoittelevia, vaan myös taloudellisia.

5.4 Jätehuollon päästöt

Jätehuollosta kannattaa työmaan alussa tehdä selvä suunnitelma työmaan logistiikkasuunnittelun yhteydessä. Tulee siis suunnitella, mihin jäteastiat tai lavat

sijoitetaan, kuinka laajasti jätteitä erotellaan ja miten astiat tai lavat saa noudettua ja palautettua takaisin työmaalle. Hyvällä suunnittelulla jätehuolto onnistuu helpommin, kunhan työntekijät on opastettu oikeisiin toimintatapoihin. Tärkeintä on tietenkin pyrkiä siihen, ettei turhaa jätettä syntyisi, eli pyrkiä laskemaan materiaalityötarpeet mahdollisimman huolellisesti. Tämä säästää myös turhilta kustannuksilta. Se jäte mikä syntyy materiaalityöhön huolimatta, tulisi hyödyntää joko toisena materiaalina, energiana tai kierrättää. Jätehuollon sujuvuus on tärkeää uudisrakentamisessa kuin myös korjausrakentamisessa.

Korjausrakentamisessa syntyvän materiaalityöjätteen minimointia voi harjoittaa hyvällä suunnittelulla, oikeaoppisilla työmenetelmillä, yleisellä siisteydellä ja mittatarkkuudella. Pakkausjätettä tulee aina, mutta tuotteet voi tilata kevyissä pakkausissa, mikäli työmaalla on varastotilaa (sääsuojaus) tai suosia kierrätettäviä pakkausmateriaaleja. Valtioneuvosto on tehnyt määräyksiä rakennusjätteestä (295/1997), joiden mukaan rakentaminen on suunniteltava ja toteutettava, sekä rakennusjätteet kerättävä ja kuljetettava siten, että hyödynnettävät jätelajit pidetään erillään tai lajitellaan erilleen toisistaan ja muista rakennusjätteistä ja -aineista. (Ympäristö.fi 2016.) Suurilla työmailla määrätään lisälajittelua, esimerkiksi jos rakennusjätettä syntyy yhteensä yli 5 tonnia, tulee tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka-, betoni- ja kipsijätteet erotella. Tärkeintä on pyrkiä aina lajittelemaan jätteet mahdollisimman laajasti, jotta voidaan säästyä ylimääräisiltä jätteenlajittelukuluilta ja myös mahdollistaa jätteiden kierrätys ja uudiskäyttö. Uusimmalla jätedirektiivillä (2008/98/EY) pyrittiin edistämään jätteen synnyn ehkäisyä, uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Tavoitteena oli, että rakennus- ja purkujätteestä kierrätettäisiin vuonna 2020 vähintään 70 %.

6 POHDINTA

Hiilineutraalisuuden tärkeys ja huomioon ottaminen tulevaisuudessa tulee muuttamaan pakolliseksi toimenpiteeksi, ja siksi siihen siirtyminen kannattaa aloittaa ajoissa, jotta muutos ei tapahdu liian äkillisesti. Hiilineutraalisuus tulee huomioida koko rakennushankkeen alusta loppuun, suunnittelusta työmaakoppien valojen sammuttamiseen viikonlopun ajaksi. Ympäristöteot eivät siis aina tarkoita suuria ja kalliita ratkaisuita, vaan pienellä toiminnalla yksilönä voi tehdä myös suuria säästöjä, kun tarkasteluaikaväli on pidempi.

Opinnäytetyössä on käyty läpi pääasiassa ne Hiilineutraali Tampere 2030 tavoitteet, jotka koskettavat rakennusteollisuutta, mutta työssä on myös käsitelty muitakin materiaalivalintoja ja pienempiä toimintaohjeita. Hyvä työmaa on sujuva ja huolellisesti suunniteltu ja sama pätee hiilineutraalisuuteen. Sen toteuttaminen vaatii huolellista suunnittelua ja ennakointia, aiheeseen perehtymistä ja koulutuksia. On tärkeää muistaa, kuinka iso rooli työnjohdolla ja työntekijöillä on tavoitteiden saavuttamiseen työmaalla. Tärkeää on siis kouluttaa kaikki työmaalla työskentelevät henkilöt, jotta hiilineutraalisuuden toteutus esimerkiksi jätteiden lajittelussa onnistuisi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota yhteen perustietoa hiilineutraalisuudesta ja sen toteuttamisesta. Työn tarkoitus on olla johdatteleva ja herättää mielenkiintoa aiheeseen, sekä rohkaista kokeilemaan erilaisia menetelmiä jo hyvissä ajoin ja selvittää yrityksen omaa hiilijalanjälkeä. Aihe koskettaa meitä kaikkia, niin valtioita, yrityksiä kuin yksittäisiä ihmisiä. Lainsäädäntö ohjaa tekemään konkreettisia toimenpiteitä tavoitteiden saavuttamiseksi, mutta halu minimoida hiilijalanjälki ennen kuin on varsinaisesti pakko, lähtee itsestä.

Työn taustalla on käytetty jo tehtyjä tutkimuksia ja koottu niistä tietynlainen ohjekirja siitä, miten hiilineutraalisuuteen siirtymisen voi aloittaa. Aiheesta löytyy laajasti erilaisia tutkimuksia ja tekstejä, josta oli haasteellista rajata luotettavat lähteet. Tässäkin asiassa tulee siis olla mediakriittinen, koska siitä kirjoitetaan hyvin laajasti niin mielipidepohjalta kuin tutkimuspohjalta. Työssä käytettiin paljon uutisartikkeleita kuin myös erilaisten yritysten verkkosivuja, avaten toimenpiteitä: mitä toimenpiteitä on jo otettu käyttöön, millaisia keksintöjä on jo olemassa tai mitä tullaan kehittämään. Valtion- ja kaupunkien ylläpitämät verkkosivut ovat

toimineet lähteinä hiilidioksidipäästöjen mittaustuloksia varten. Opinnäytetyön lähdeluettelo ja referoitu kokonaisuus auttaa rakennusyhtiöitä hankkimaan tietoa ilmastonmuutoksen torjunnasta.

Hiilineutraali Tampere 2030 tavoitteen toteutus on jo käynnissä ja sitä seurataan muutaman vuoden välein ja päivitetään toimenpiteitä Tampereen tiekarttaan. Tätä kannattaakin siis seurata ajoittain pysyäkseen ajan tasalla nyt meneillään olevista toimenpiteistä. On hienoa huomata, että tavoitteille on asetettu suhteellisen lyhyt aika ja että ongelmaan halutaan puuttua heti.

Rakentaminen tulee muuttamaan hiilineutraalimpaan suuntaan viimeistään lainsäädännön ohjaamana. Uudet innovaatiot ja ratkaisut ovat jo osittain käytössä ja kehittyvät jatkuvasti, myös kustannustehokkaampaan suuntaan. Vaatii myös innostusta yrityksiltä pureutua ongelmaan ja asettaa tietynlaista painetta ongelman ratkaisemiseksi. Näin voidaan kiihdyttää tavoitteen saavuttamista nopeammalla aikataululla ja luoda uusia työpaikkoja ympäri Suomea ja maailmaa.

Tästä suosittelen siis jatkamaan aiheeseen perehtymistä ja tutustumaan jo nyt tarjolla olevaan teknologiaan, joka tukee hiilineutraalisuutta. Yrityksiä, joiden palveluita tullaan käyttämään, on paljon tarjolla ja kilpailu on kovaa. Valinnassa kannattaa suosia sellaisia yrityksiä, jotka pyrkivät hiilineutraalisuuteen. Rakentamisessa tulee huomioida kokonaisuus, eli rakennuksen elinkaari. Hiilineutraalisuuden tukeminen ei rajoitu vain itse rakennuksen tuottamiseen vaan myös asumisvaiheeseen ja rakennuksen purkuun. Täten on hyvä varmistaa, että asuntojen ostajilla on tieto rakennuksen ominaisuuksista ja siitä, miten he voivat omalla toiminnallaan vähentää rakennuksen elinkaaresta aiheutuvaa hiilijalanjälkeä. Aiheesta voidaan siis keskustella joko ostajan kanssa tai pyrkiä sisällyttämään tietoa, esimerkiksi kirjallisena ohjeistuksena. Hiilineutraalisuudesta puhuminen on tärkeää.

LÄHTEET

- Luma-keskus Suomi. 2008. Orgaanisen kemian määritelmä. Viitattu 10.10.2022. <https://www.luma.fi/kysymykset/2008/11/04/orgaanisen-kemian-maaritelma/>
- Fortum. 2022. Hiilinielu – mitä se oikeastaan tarkoittaa? Viitattu 10.10.2022. <https://yhdedssa.fortum.fi/hiilinielu-mita-se-oikeastaan-tarchoittaa>
- Mäntyniemi, R. 2019. Maaperä merkittävä hiilinielu. Helsingin yliopisto. Viitattu 10.10.2022. <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/ilmasto-ja-luonnon-monimuotoisuus/maapera-merkittava-hiilinielu>
- Ilmatieteen laitos. 2022. Kasvihuonekaasut ja niiden tulkinta. Viitattu 03.10.2022. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-mittaus>
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 03.10.2022. https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-05-21_kat_001_fi.html
- Bruce-Hyrkäs, T. 2020. Tulossa syksyllä 2020: Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä. Green Building Council Finland. Viitattu 15.09.2022. <https://figbc.fi/tulossa-syksylla-2020-hiilineutraalin-rakennuksen-maaritelma/>
- Repo, H. 2022. Näin syntyy hiilineutraali rakennus – materiaalilla luultua suurempi vaikutus. Tekniikka ja Talous. Viitattu 11.10.2022. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/nain-syntyy-hiilineutraali-rakennus-materiaalilla-luultua-suurempi-vaikutus/f37b5dd8-4a64-4f57-9774-2e8edca30a5e>
- Kiinteistötahkola. 2022. Energiatodistus kertoo rakennuksen energialuokan. Viitattu 11.10.2022. <https://kiinteistotahkola.fi/fi/energiatodistus-kertoo-rakennuksen-energialuokan/>
- Vinkki, J-M. Vesa, P. 2021. Rakentamisen ilmastojaalki ja elinkaarikustannukset. Oamk Journal, Oulun ammattikorkeakoulun julkaisuja. Viitattu 11.10.2022. <https://oamk.fi/oamkjournal/2021/rakentamisen-ilmastojalki-ja-elinkaarikustannukset/>

Hiilineutraali Pirkanmaa. 2016. Miksi hiilineutraalisuus? Viitattu 10.10.2022. <https://hiilineutraalipirkanmaa.com/pirkanmaan-mahku/miksi-hiilineutraalius/>

Partinen, S-M. 2021. Kestävä koti: Opas hiilineutraalimpaan rakentamiseen. Lahden Rakennusvalvonta. Viitattu 25.10.2022. <https://www.lahti.fi/tiedostot/kestava-koti/>

Tampereen Kaupunki. 2020. Kaupungin ilmastoteot. Viitattu 25.10.2022. <https://www.lahti.fi/tiedostot/kestava-koti/>

Vattenfall. 2022. Omakotitalon lämmitys. Viitattu 25.10.2022. <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/kodin-sahkojarjestelmat/lammitysjarjestelmat/>

Tampereen Kaupunki. 2020. Hiilineutraali Tampere 2030, ilmastovahti. Viitattu 22.10.2022. https://ilmastovahti.tampere.fi/paastoskenaariot/node/district_heating_consumption

Syvälä, R. 2022. Kaupungin ilmastoteot. Tampereen Kaupunki. Viitattu 01.11.2022. <https://www.tampere.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmastoty-tampereella/kaupungin-ilmastoteot>

Tolonen, A. 2019. Hyvästi, öljy! Aalto University Magazine numero 25. Viitattu 01.11.2022. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/hyvasti-oljy>

Energia Maailma. 2022. Energiantuotanto. Viitattu 01.11.2022. <https://energia-maailma.fi/energiasta/energiantuotanto/>

Ruokanen, R. 2018. Tiedätkö, mitä eroa on biodieselillä ja uusiutuvalla dieselillä? Tekniikan Maailma. Viitattu 01.11.2022. <https://tekniikanmaailma.fi/tiedatko-mita-eroa-on-biodieselilla-ja-uusiutuvalla-dieselilla/>

Uusiutuva vihreä. 2022. Kiinteä jäte. Viitattu 15.10.2022. <https://www.renovablesverdes.com/fi/residuos-solidos/>

Master Kodit. 2022. Viitattu 01.10.2022. <https://www.masterkodit.fi>

Master Yhtiöt. 2022. Viitattu 01.10.2022. <https://www.masteryhtiot.fi>

- Joronen, J. 2022. Naistenlahti 3-biovoimalaitoksesta voi tulla hiilinegatiivinen. Tampereen sähkölaitos. Viitattu 01.11.2022. <https://www.sahkolaitos.fi/blogiar-kisto/naistenlahti-3--biovoimalaitoksesta-voi-tulla-hiilinegatiivinen/>
- Rakentaja.fi. 2008. Kaukolämpöön liittyminen. Viitattu 02.11.2022. <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/4002/kaukolampo.htm>
- Nikkinen, T. Green Building Council Finland. 2021. Rakentamisen aikainen hiili-neutraali lämmitys on jo nyt ja energiapositiiviset rakennukset pian mahdollisia. Prointerior. Viitattu 02.10.2022. <https://www.prointerior.fi/natiivi/3589/rakentami-sen-aikainen-hiilineutraali-lammitys-on-jo-nyt-ja-energiapositiiviset-rakennukset-pian-mahdollisia>
- Jokitalo, J. 2022. Geolo-ratkaisu voitti Euroopan HPA-palkinnon. Rototec Clever Geoenergy Pioneer. Viitattu 01.11.2022. <https://www.rototec.fi/uutiset/geolo-rat-kaisu-voitti-euroopan-hpa-palkinnon>
- Ympäristöministeriö. 2022. Rakennusten energiatehokkuus. Valtioneuvosto ja ministeriöt. Viitattu 02.11.2022. <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>
- Ympäristö Osaava. 2022. Energiatehokas rakentaminen. Viitattu 02.11.2022. <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22805>
- Heikinmatti, A. Siekkinen, M. 2022. Työkoneiden päästöjä halutaan vähentää, koska siitä hyötyvät ilmaston lisäksi myös yrittäjät ja koneteollisuus. Yle Uutiset, Tekniikka. Viitattu 01.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/74-20000131>
- Kivimäki, P. 2018. Uusi keksintö vähentää dieselpolttoaineen kulutuksen puoleen – viikossa yksi työkone säästää jopa 800 litraa dieseliä. Yle Uutiset, Dieselmoottorit. Viitattu 02.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10011490>
- Ympäristö.fi. 2016. Työmaan jätehuolto. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Viitattu 02.11.2022. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaus-tieto/pientalot/korjaushankkeet/Materiaalitehokkuus/Tyomaan_jatehuolto
- Betoni. 2022. Tulossa 150-250 MPa:n erikoislujuudet kuitubetonit. Viitattu 01.11.2022. <https://betoni.com/tietoa-betonista/ominaisuudet-ja-edut/betonin-lujuus/>

Mäkikouri, S. Vehmas, T. 2019. Muutetaan betonin ongelmat ratkaisuksi. VTT. Viitattu 01.11.2022. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/muutetaan-betonin-ongelmat-ratkaisuksi>

Savela, S. 2021. Suomalaisyhtiö kehitti salassa ilmastoystävällisemmän korvaajan betonille – nyt akkukaivoksen jätteestä syntyy jalustoja sähköautojen latauspisteille. Yle Uutiset, Kiertotalous. Viitattu 04.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12112495>

Rudus, A CRH Company. 2022. Betoni hiilinieluna. Viitattu 04.11.2022. <https://www.rudus.fi/vastuullisuus/betoni-hiilinieluna>

Kekkonen, T. 2020. Hiilidioksidin sitoutuminen betoniin. CO₂NCRETE SOLUTION. Viitattu 04.11.2022. <https://concretesolution.fi/karbonatisoituminen/>

Betoni. 2021. Betonirakentamisessa materiaalit kiertävät. Viitattu 04.11.2022. <https://betoni.com/perustietopaketti/ekologisuus/kierratys/>

Laapotti, S. 2020. Rakennetaanko puusta vai rahasta – puu taipuisi moneen, mutta rahayhtälö sakkaa. Tampereen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 06.11.2022. <https://www.tuni.fi/unit-magazine/artikkelit/rakennetaanko-puusta-vai-rahasta-puu-taipuisi-moneen-mutta-rahayhtalo-sakkaa>

Loukasmäki, A. 2017. Puusta tuli yllättävä ongelma purkujätteen kierrätyksessä – ”Tuhottoman kallista”. Yle Uutiset, Kierrätys. Viitattu 06.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-9523833>

Törmänen, E. 2022. Hamppubetoni kiinnostaa nyt rakennusalalla – ”Kotimainen hamppu kelpaa monenlaiseen rakentamiseen”. Tekniikka ja Talous. Viitattu 06.11.2022. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/hamppubetoni-kiinnostaa-nyt-rakennusalalla-kotimainen-hamppu-kelpaa-monenlaiseen-rakentamiseen/c4053117-9374-4eb0-be2b-2e072e3d9fd9>

Hamppumaa. 2022. Hamppu. Viitattu 06.11.2022. <https://hamppumaa.fi/hamppu/>

RakentajaPro. 2022. Betoni rakennusmateriaalina: Betonin uudet muodot – Osa 2. Viitattu 06.11.2022. <https://rakentaja.pro/artikkelit/betonin-uudet-muodot-osa-2/>

Jokela, J. 2015. Opaali-talo vähentää rakentamisen hiilijalanjälkeä 20 prosentilla. Kivirock. Viitattu 10.11.2022. <https://www.kivirock.fi/uutiset.html?a200=5053>

Komulainen, M. 2017. Hampusta uusi ekologinen rakennusmateriaali? Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.11.2022. <https://www.turkuamk.fi/fi/artikkelit/1362/hampusta-uusi-ekologinen-rakennusmateriaali/>

Sipola, T. 2021. Maailman ensimmäinen erä fossiilivapaata terästä on valmiina – uusi teknologia vähentää pian Suomen hiilidioksidipäästöjä seitsemän prosenttia. Yle Uutiset, Teräs. Viitattu 11.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12062634>

Sipola, T. 2019. Ruotsissa testataan ratkaisua, joka mullistaisi yhteiskunnan ja romauttaisi päästöt – ja idea voi tulla käyttöön ensimmäisenä Suomessa. Yle Uutiset, Ilmastomuutos. Viitattu 11.11.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10942131>

Huhtanen, J. 2020. Mitä hiilijalanjälkilaskenta tarkoittaa ja miten se tehdään? Raksystems. Viitattu 18.11.2022. <https://raksystems.fi/blogi/mita-hiilijalanjaljilaskenta-tarκοittaa-ja-miten-se-tehdaan/>

Ympäristöministeriö. 2016. Pariisin ilmastopimus. Valtioneuvosta ja ministeriöt. Viitattu 18.11.2022. <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>

Kurnitski, J. 2021. Ehdotus ympäristöministeriön asetukseksi rakennuksen ilmastaselvityksestä. Suomen ilmastopaneeli. Viitattu 22.11.2022. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/08/VN-14758_2021_Ehdotus-ymparistoministerion-asetukseksi-rakennuksen-ilmastaselvityksesta_YM.pdf

Lind, P. 2019. Asuinrakennusten elinkaaren hiilijalanjaljen C-lukulaskuri. Eristeellisuus. Viitattu 22.11.2022. <https://www.eristeteollisuus.fi/asuinrakennusten-elinkaaren-hiilijalanjaljen-c-lukulaskuri/>

ASV. 2022. Betoni vai puu? <https://asv.fi/ymparisto/puu>

Puuinfo. 2020. Vanhan puutalon peruskorjaus. Viitattu 22.11.2022. <https://puuinfo.fi/teeseitse/remontointi/vanhan-puutalon-peruskorjaus/>

Raunio, S. 2021. Työeläkeyhtiön Varman toimitila- ja hotellihanke Katajanokalla sai rakennusluvan – työt jatkuvat maanrakennustöillä. Varma. Viitattu 25.11.2022 <https://www.sttinfo.fi/tiedote/tyoelakeyhtio-varman-toimitila-ja->

[hotellihanke-katajanokalla-sai-rakennusluvan---tyot-jatkuvat-maanrakennus-toilla?publisherId=1794&releaseId=69927873](https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/hiilineutraali-rakennus-mahdollinen-mutta-vain-yhdessa-tekemalla)

Tuominen, P. 2020. Hiilineutraali rakennus on mahdollinen – mutta vain yhdessä tekemällä. VTT. Viitattu 25.11.2022 <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/hiilineutraali-rakennus-mahdollinen-mutta-vain-yhdessa-tekemalla>

Wallenius, D. 2021. Ruotsi kulkee Suomen edellä kohti hiilineutraalia rakentamista – ” Meillä yritetään ajatella enemmän sitä, miten rakennus itse voi tuottaa ilmastohyötyä”. Rakennuslehti. Viitattu 25.11.2022. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/04/ruotsi-kulkee-suomen-edella-kohti-hiilineutraalia-rakentamista-meilla-yritetaan-ajatella-enemman-sita-miten-rakennus-itse-voi-tuottaa-ilmastohyotya/>

LämpöYkkönen. 2017. Fakta 18: Talon lämmitys – esittelyssä eri lämmitysjärjestelmät ja niiden hinnat. Viitattu 25.11.2022. <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-18-uudisrakentaja-tunnetko-taman-hetken-suosituimmat-lammitysmuodot/>

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu: Rakentaminen

Teemu Auvinen, Master Kodit Oy Toimitusjohtaja 10/2022

- Onko hiilineutraalisuus käsitteenä tuttu?
- Miksi hiilineutraalisuuden tavoittelemine on Master Kodeille tärkeää?
- Mikä tuntuu olevan suurin haaste hiilineutraalisuutta tavoitellessa?
- Mitä positiivista hiilineutraalisuuden tavoittelussa on?
- Kuinka nopeasti Master Kodit pyrkii hiilineutraalisuuteen?
- Koetko, että hiilineutraalisuuden tavoittelu kehittää rakentamista parempaan vai huonompaan suuntaan?
- Tuntuuko hiilineutraaliin rakentamiseen liittyvät toimenpiteet monimutkaisilta?
- Liitetäänkö korkeat kustannukset usein hiilineutraaliin rakentamiseen?
- Mitkä ovat yleisimmät hiilineutraalisuuteen liittyvät toimenpiteet, jotka ovat jo käytössä tai otetaan seuraavaksi käyttöön?

Liite 2. Haastattelu: Sähköurakointi

Mikko Telanne, VEXATEC Projektihallinta 10/2022

- Onko hiilineutraalisuus käsitteenä tuttu?
- Miten hiilineutraalisuus on näkynyt jo sähkö-puolella, millaiset toimenpiteet siihen liittyvät?
- Onko hiilineutraalisuus vaikeaa tai kallista toteuttaa verrattuna normaaliin sähkösuunnitteluun?
- Onko uusiutuvat energian lähteet suositumpia kun ei uusiutuvat energian lähteet?
- Miten sinä lähestyisit hiilineutraalia sähkösuunnittelua, millaisia ratkaisuja tekisit?
- Mitkä ratkaisut hiilineutraalissa sähkösuunnittelussa on mielestäsi hyviä ja mitkä huonoja/haastavia?
- Onko hiilineutraalisuus mielestäsi tärkeää ottaa huomioon?
- Onko automaatio yleistynyt verrattuna viimeiseen 10 vuoteen? Onko tämä mielestänne hyvä vai huono asia?

Liite 3. Haastattelu: LVI-urakointi

Pauli Närhi, VEXATEC LVI myynti, Projektipäällikkö 10/2022

- Onko hiilineutraalisuus käsitteenä tuttu?
- Miten hiilineutraalisuus tulee käsityksenne mukaan muuttamaan LVI-puolta?
- Onko hiilineutraalisuus ollut jo esillä LVI-puolella ja millaiset toimenpiteet siihen liittyvät?
- Onko hiilineutraalimpi LVI suunnittelu kustannustehokkaampaa vai päinvastoin?
- Miten sinä lähestyisit hiilineutraalia LVI-suunnittelua (millaisia ratkaisuja tulisi suosia)?

Liite 4. Haastattelu Myynti:

Hanna Kivelä, Master Kodit Oy Myyntipäällikkö 11/2022

- Onko Hiilineutraalisuus käsitteenä tuttu?
- Myynnin näkökulmasta: Millaisia käsityksiä tai oletuksia siihen liitetään?
- Oletteko myynyt asuntoja rakennuksista, jotka on hiilineutraalisti tuotettu? Onko hinta ero ollut huomattava?
- Miten hiilineutraalisuus vaikuttaa asunnon myyntiin? Auttaako vai hankaloittaa?
- Kysyvätkö ostajat rakennuksen hiilijalanjäljestä? Tai oletteko huomannut, että aiheella olisi paljonkin painoarvoa ostajalle?