



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jonne Blåfield

Rakennushankkeen vähähiilisyyden arviointi

Suunnittelun ohjaus ja rakennuttaminen

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (ylempi AMK), Rakentaminen



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: insinööri (ylempi AMK), Rakentaminen

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka, tuotanto

Tekijä: Jonne Blåfield

Työn nimi: Rakennushankkeen vähähiilisyysarviointi: Suunnittelun ohjaus ja rakennuttaminen

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2024

Sivumäärä:110

Liitteiden lukumäärä:2

Suomi on laatinut yhdessä muiden EU-maiden kanssa ilmastopöytäkirjan, jossa se sitoutuu vähentämään kasvihuonepäästöjä ilmaston lämpenemisen rajoittamiseksi. Suomi on asettanut oman kansallisen tavoitteensa olla hiilineutraali jo vuoteen 2035 mennessä. Tätä on tarkoitus ohjata mm. vuonna 2025 voimaan astuvalla rakentamislakilla. Rakentamislaki velvoittaa elinkaariarvioinnin rakennuslupaa haettaessa, ja se asettaa myös rakennustyyppikohtaisen hiilijalanjäljen raja-arvon. Rakennushankkeiden elinkaariarviointi ja vähähiilisten rakennusten suunnittelu ja toteuttaminen saattaa olla haastavaa monelle rakennus- ja kiinteistöalan yrityksille.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata sen prosessi kulku, jonka yritys käy, kun se alkaa itse tekemään elinkaariarviointia. Opinnäytetyö alkaa elinkaariarvioinnin tarpeen ja arviointimenetelmän kuvauksella, ja sen jälkeen se keskittyy arviointiprosessin luomiseen yrityksen sisälle käytettävillä olevilla resursseilla. Toimeksiantajan hankkeiden joukosta on valikoitu kymmenen valmistunutta rakennushanketta, jotka parhaiten kuvastaisivat yrityksen tyypillistä tuotantokantaa. Hankkeet arvioitiin ympäristöministeriön elinkaariarviointiluonnoksen perusteella. Arvioinnin tarkoituksena oli kerätä tietoa yrityksen hankkeiden tämänhetkisestä hiilijalanjäljen tasosta. Saatua tuloksia analysoitiin vertaamalla hankkeita toisiinsa ja yleisesti saatavilla olevaan tietoon. Tarkoituksena oli löytää tekijät, jotka vaikuttavat toimeksiantajan toteuttamien rakennushankkeiden hiilijalanjälkeen. Analysoinnissa huomioitiin hankkeiden materiaalien, energian ja työmaatoimintojen vaikutukset elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen.

Arviointikokemuksen perusteella on laadittu arviointiprosessi ja esitetty tarkennuksia suunnittelun sisältöön elinkaariarvioinnin tarkentamiseksi ja nopeuttamiseksi. Suunnittelun ohjauksessa tuotiin esille tärkeimmät hankekehityksen vaiheet, kun hankkeessa on tarkoitus toteuttaa elinkaariarviointia. Tutkittiin myös vähähiilisen rakentamisen vaikutuksia urakkamenettelyihin.

Tutkimustyö pohjautuu kirjallisiin lähteisiin, sekä itse tuotettuun, pääosin numeraaliseen materiaaliin elinkaariarviointeja toteutettaessa. Työtä varten on laadittu prosessikuvaajia selventämään elinkaariarvioinnin kulkua. Elinkaariarviointituloksien pohjalta laadittiin taulukoita ja diagrammeja tulosten selventämiseksi.

¹ Asiasanat: Rakentaminen, elinkaariarviointi, hiilijalanjälki

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree program: Master of Engineering, Construction Engineering

Specialization: Construction Engineering, Production

Author: Jonne Blåfield

Title of thesis: Assessment of the Low Carbon of a Construction Project: Design Guidance and Construction

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2024

Number of pages:110

Number of appendices:2

Finland together with the other EU countries, has drafted a climate agreement to reduce greenhouse emissions. Finland has set its goal to be carbon neutral by 2035. Starting in 2025 The Construction Act mandates a life cycle assessment for all new building permits, and it also sets a carbon footprint limit for each building type. The life cycle assessment of construction projects and the planning and implementation of low-carbon buildings can be challenging for many construction and real estate companies.

The thesis described the process that a company underwent when it starts doing life cycle assessments. The thesis described what was needed for a life cycle assessment and the assessment method itself, after which it focused on creating an assessment process with the company's resources. Ten projects were selected, which would best reflect the company's typical production. The projects were evaluated based on the Life Cycle Assessment draft of the Ministry of the Environment to gather information about the current carbon footprint level of the company's production. The results were analyzed by comparing the projects with each other and to generally available information. The purpose was to find the factors affecting the carbon footprint. The analysis considered the effects of the projects' materials, operating energy, and work site on the carbon footprint during the life cycle.

Based on the life cycle evaluation experience, an evaluation process was made and adjustments were presented to the design content to refine and hasten up the life cycle assessment. In the planning guidance, the most important stages of project development were highlighted as the aim of the project was to conduct out a life cycle assessment. The effects of low-carbon construction on contract procedures were also researched.

The research work is based on literary material, as well as numerical material from life cycle assessments made. Process diagrams were made for the work to clarify the flow of the life cycle assessment. Based on the life cycle assessment results, tables and diagrams were made to clarify the results.

¹ Keywords: construction, life cycle assessment, carbon footprint

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	11
1 JOHDANTO	13
1.1 Työn tausta	13
1.2 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset	13
1.3 Työn rakenne ja rajaus	14
1.4 Tutkimusmenetelmät	15
1.5 Työn toimeksiantaja	17
1.5.1 Elinkaariarvioinnin laadinta yrityksessä ennen.....	17
1.5.2 Rakentamiseen liittyvät vähähiilisyiden vaatimukset ja tavoitteet.....	18
2 Kasvihuonepäästöjen hillitsemisen kansalliset tavoitteet	19
2.1 Rakennusten hiilijalanjälki	20
2.2 Vuoden 2025 rakentamislaki	21
2.3 EU-taksonomia ja vihreä rahoitus rakennushankkeissa	23
2.4 Rakennusten ympäristömerkinnät	24
3 Rakennushankkeen elinkaariarviointimenetelmä	26
3.1 Elinkaariarvioinnin taustat ja kehitys Suomessa.....	26
3.2 Rakennushankkeen elinkaariarvioinnin sisältö ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti	27
3.2.1 Elinkaariarvioinnin kulku	30
3.2.2 Elinkaariarvioinnin raportointi	33
3.3 Arvioitavat moduulit	34
3.3.1 Materiaalin valmistus A1-A3.....	36
3.3.2 Kuljetukset A4	36
3.3.3 Työmaatoiminnot A5	37
3.3.4 Osien vaihto B4.....	37
3.3.5 Energian käyttö B6.....	38

3.3.6	Purkaminen, jätteen kuljetus, jätteen käsittely ja jätteen loppusijoitus C1-C4	40
3.3.7	Ilmastohyödyt D1-D6	41
4	Elinkaariarviointi kiinteistökehitysyhtiössä	42
4.1	Elinkaariarviointiohjelma.....	42
4.2	Tietojen kerääminen elinkaariarviointia varten	43
4.2.1	Tietomallin hyödyntäminen elinkaariarvioinnissa	44
4.2.2	Kustannuslaskentaohjelmiston määräluettelo	45
4.3	Hankkeiden elinkaariarvioinnin kulku	47
4.3.1	Hankkeen elinkaariarviointiin käytetty aika	49
4.3.2	Elinkaariarvioinnin raporttipohja	49
4.3.3	Hiilibudjetti.....	50
5	WasaGroup Oy:n rakennushankkeiden elinkaariarviointi ja vertailu.....	52
5.1	Yrityksen hankkeet.....	52
5.1.1	Valintaperusteet arvioitaville hankkeille	53
5.1.2	Arvioinnin epävarmuustekijät ja muut huomioitavat asiat.....	54
5.1.3	Epävarmuustekijät ilmastohyödyissä	57
6	Yrityksen hankkeiden elinkaariarvioinnin tulokset.....	59
6.1	Tulokset kootusti ympäristöministeriön ilmastaselvityksen mukaisesti	59
6.2	Vertailukelpoiset hiilijalanjäljen tulokset Rakennusteollisuuden selvitys 2022	63
6.3	Bionovan selvitys 2021 rakennusten hiilijalanjäljistä ja esitetyt raja-arvot	68
6.4	Talotekniikan materiaalien arviointi ja vertailu pinta-alaperusteiseen arviointiin	74
6.5	Työmaatoimintojen vertailu pinta-alaperusteiseen arviointiin	76
6.6	Materiaalivaihtoehtojen vaikutukset.....	78
7	Hankkeiden hiilijalanjäljen tulosten arviointi	81
7.1	Vertailtujen hankkeiden tulokset yleisesti	81
7.1.1	Myymälät.....	81
7.1.2	Huoltamot.....	82
7.1.3	Päiväkodit	82
7.2	Talotekniikan materiaalit ja pinta-alaperusteinen arviointi	82
7.3	Työmaatoiminnot.....	85
7.4	Materiaalimuutosten vaikutukset	86

7.5	Energian vaikutukset kokonaishiilijalanjälkeen	87
7.5.1	Myymälät.....	87
7.5.2	Huoltamot.....	88
7.5.3	Päiväkodit	89
8	Suunnittelunohjaus vähähiiliseen rakentamiseen	91
8.1	Suunnitelmien ja tietomallin vaatimukset elinkaariarviointiin	93
8.2	Vähähiilisen jälkilaskentatiedon hyödyntäminen suunnittelunohjauksessa	94
9	Vähähiilinen rakennuttaminen kiinteistökehitysyhtiössä.....	96
9.1	Urakoitsijan työmaatoimintojen merkitys	98
9.2	Rakentamisen vähähiilisyyden valvonta.....	99
9.3	Rakennuksen käyttöönotto ja elinkaariarvio	99
10	Yhteenveto ja pohdinta.....	101
10.1	Yrityksen arvioitujen hankkeiden arviointien tulokset	101
10.2	Arviointimenetelmän tarkkuus	102
10.3	Suunnittelunohjaus.....	102
10.4	Vähähiilisen rakentamisen tuomat muutokset urakkakäytäntöihin	103
10.5	Kehitysehdotukset.....	103
10.6	Tutkimuksen kysymyksiin vastaaminen ja loppusanat	104
	LÄHTEET	106
	LIITTEET	110

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Suomen tavoitteelliset kasvihuonepäästöt suhteessa vuoden 1990 päästöihin (Valtioneuvosto, 2022, s.5).	20
Kuvio 2. Kaavio rakentamislakiuudistuksen tuomista asetuksista (Ympäristöministeriö, 2022b, s. 3).	22
Kuvio 3. Vähähiilisuuden tiekartta kuvaa vähähiilisen rakentamisen lainsäädännön ja asetusten kehitystä Suomessa (Sweco, 2022, s. 18).	27
Kuvio 4. Vähähiilisuuden arvioinnin elinkaaren vaiheet (Ympäristöministeriö, 2021, s. 10). ..	28
Kuvio 5. Elinkaariarviointi jaetaan rakennukseen ja rakennuspaikkaa (Ympäristöministeriö, 2021, s. 10).	28
Kuvio 6. Elinkaariarvioinnin kulku (Ympäristöministeriö, 2019, s. 17).	33
Kuvio 7. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilijalanjälki energianjako- ja hyödynjakomenetelmällä kuvattuna aikavälillä 2020 ja 2120 (Soimakallio, 2020, s. 1).	39
Kuvio 8. Ympäristöministeriön esittämät tiedonlähteet elinkaariarviolle (Ympäristöministeriö, 2022, s. 18).	44
Kuvio 9. Yrityksessä laadittu prosessi elinkaariarvioinnin tuottamiseksi. Prosessikuvaus ylhäältä alas.	48
Kuvio 10. Elinkaariarviointiprosessi, jonka perusteella on syntynyt arviointimuistio ja hiilibudjetti arvioitavasta hankkeesta. Prosessikuvaus ylhäältä alas.	51
Kuvio 11. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen myymälähankkeiden elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.	60
Kuvio 12. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen päiväkotihankkeiden elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.	61

Kuvio 13. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen huoltamohankkeiden elinkaarenaikaista hiilijalanjälkeä.....	62
Kuvio 14. Rakennusteollisuuden rakennusten hiilijalanjälkitarkastelut raportin perusteella laadittu kuvio (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6).....	64
Kuvio 15. Vertailukohtana rankarunkoiset päiväkodit, jossa lämmitysmuotona maalämpö. ..	65
Kuvio 16. Vertailukohtena hirsirunkoiset päiväkodit, joissa lämmitysmuotona kaukolämpö.	66
Kuvio 17. Vertailukohtena hirsirunkoiset päiväkodit, joissa lämmitysmuotona maalämpö. ..	67
Kuvio 18. Vertailukohtana yrityksen myymälärakennuksille on Bionovan raportissa esitetty yleinen keskiarvo vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 17). Keskiarvo on diagrammissa esitetty sinisellä katkoviivalla.	70
Kuvio 19. Vertailukohtana yrityksen myymälärakennuksille on Bionovan raportissa esitetty raja-arvoehdotus vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 35). Raja-arvo on diagrammissa esitetty punaisella katkoviivalla, 10 kgCo2e/m ² /a.	71
Kuvio 20. Vertailukohtana yrityksen päiväkotirakennuksille on Bionovan raportissa esitetty yleinen keskiarvo vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 17). Keskiarvo on diagrammissa esitetty sinisellä katkoviivalla.	72
Kuvio 21. Vertailukohtana yrityksen päiväkotirakennuksille on Bionovan raportissa esitetty raja-arvo ehdotus vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 35). Raja-arvo on diagrammissa esitetty punaisella katkoviivalla.	73
Kuvio 22. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka myymälöiden osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan. Tummemmalla sävyllä esitetty yleisessä käytössä oleva kansallisen tietokannan taulukkoarvo (Sweco, 2021, s. 9).	74
Kuvio 23. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka päiväkotien osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan. Tummemmalla sävyllä esitetty yleisessä käytössä oleva kansallisen tietokannan taulukkoarvo (Sweco, 2021, s. 9).....	75
Kuvio 24. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka huoltamorakennuksien osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan.	75

Kuvio 25. Työmaatoimintojen hiilijalanjälki rakennuksen pinta-alaan perustuvalla arvolla. Tummemmat arvot ovat yleisessä käytössä olevia taulukkoarvoja (Häkkinen, 2021, s. 8). ...	77
Kuvio 26. Työmaatoimintojen hiilijalanjälki rakennuksen pinta-alaan ja elinkaareen perustuvalla arvolla. Tummemmat arvot ovat yleisessä käytössä olevia taulukkoarvoja (Häkkinen, 2021, s. 8).....	77
Kuvio 27. Materiaalivaihtojen vaikutukset myymälärakennukseen.	79
Kuvio 28. Materiaalivaihtojen vaikutus huoltamorakennukseen.....	80
Kuvio 29. Rakentamislakiuudistuksessa esitetyt pakolliset elinkaariarviot hankevaiheissa (Ympäristöministeriö, 2022).....	91
Kuvio 30. Hankekehitysprosessi vaatii elinkaariarvion jo hankesuunnitteluvaiheessa, jos hankkeelle asetetaan vähähiilisyiden tavoitteita esimerkiksi ympäristösertifikaatin muodossa (Savolainen ym., 2023).	92
Kuvio 31. Esimerkki jälkilaskentatiedon hyödyntämisestä hankkeiden välillä. Vanhan hankkeen toteumatiedolla käyttöönoton yhteydessä suoritetaan arviointi pinta-alaperusteisesti hankesuunnittelun jälkeen.....	95
Kuvio 32. Toteutusmalli, jossa suunnitteluvastuu pysyy hankekehittäjällä hankkeen rakennuslupaan saakka. Tilaajan vastuu esitetty sinisellä ja urakoitsijan vastuu oranssilla värillä.	97
Kuvio 33. Toteutusmalli, jossa urakoitsija vastaisi suunnittelusta ja elinkaariarviointista hankesuunnitteluvaiheesta eteenpäin. Tilaajan vastuu esitetty sinisellä ja urakoitsijan vastuu oranssilla värillä.....	97
Taulukko 1. Listaus rakennuksista, joille on laadittava rakentamislain mukainen ilmastaselvitys ja siihen kuuluva elinkaariarvio (Ympäristöministeriö, 2022, s. 6).....	23
Taulukko 2. Arviointi rajautuu rakennusosien suhteen rakennukseen, rakennuspaikkaan ja osiin tai materiaaleihin, jotka eivät sisälly arviointiin (Ympäristöministeriö, 2022, s. 11–12). .	30
Taulukko 3. Elinkaarenvaiheiden moduulit (Bionova, 2017, s. 13).....	35

	10
Taulukko 4. Taulukoituna Kuvion 7. arvot sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilijalanjäljestä (Soimakallio, 2020, s. 1).....	40
Taulukko 5. Kuvion 11. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.....	60
Taulukko 6. Kuvion 12. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.....	61
Taulukko 7. Kuvion 13. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.....	62
Taulukko 8. Kuvion 14 arvot taulukoituna (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6).	64
Taulukko 9. Kuvion 15 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 103 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.	65
Taulukko 10. Kuvion 16 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 99,7 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.	66
Taulukko 11. Kuvion 17 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 112 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.	67
Taulukko 12. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Oikeassa reunassa esitetty Bionovan keskiarvot moduuleittain (Bionova, 2021).	70
Taulukko 13. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Raja-arvo myymälöille Bionovan raportissa esitetty moduuleille A1-A3, B4 ja B6 on 10 kgCo ₂ e/m ² /a (Bionova, 2021, s. 35).....	71
Taulukko 14. Kuvion 20 arvot taulukoituna. Oikeassa reunassa esitetty Bionovan keskiarvot moduuleittain (Bionova, 2021, s.17).	72
Taulukko 15. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Raja-arvo päiväkodeille Bionovan raportissa esitetty moduuleille A1-A3, B4 ja B6 on 11 kgCo ₂ e/m ² /a (Bionova, 2021, s. 35).....	73
Taulukko 16. Kuvion 27 arvot taulukoituna. Kokonaisvaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen kaikilla vaihdoilla on n.14 %.	79

Käytetyt termit ja lyhenteet

Elinkaariarviointi	Elinkaariarvioinnilla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun sen koko elinkaaren ympäristövaikutuksien tutkimista raaka-aineen hankinnasta sen hylkäämiseen.
Hiilibudjetti	Tiettyyn ilmastotavoitteeseen suhteutettu hiilen määrä, joka voidaan päästää ilmakehään.
Hiilidioksidiekvivalentti	Kuvaa ihmisen aiheuttamien kasvihuonepäästöjen kokonaisvaikutusta. Hiilidioksidin lisäksi myös metaanin ja typpioksiduulin vaikutukset on huomioitu laskennallisina ekvivalenttipäästöinä (Co2e).
Hiilijalanjälki	Hiilijalanjälki tarkoittaa jonkin tuotteen tai palvelun aiheuttamaa ilmastokuormaa.
Hiilikädenjälki	Hiilikädenjäljellä tarkoitetaan tuotteen tai palvelun aikaansaamaa positiivista ilmastovaikutusta.
Hiilinielu	Metsien, maaperän ja vesistöjen kyky sitoa itseensä ilmakehän hiilidioksidia.
Hiilivarasto	Hiilinielusta tulee hiilivarasto, kun se ei enää kykene sitomaan itseensä enempää hiilidioksidia, eikä se päästä sitä ilmakehään takaisin.
Ilmastaselvitys	Ilmastaselvitys on dokumentti, joka ilmoittaa rakennushankkeen laskennallisen hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen koko rakennuksen elinkaaren ajalta.
Karbonatisoituminen	karbonatisoituminen on ilmiö, jossa betonin raaka-aineena käytetyn sementin valmistuksessa käytetystä kalkkikivestä vapautunut hiilidioksidi pyrkii palaamaan takaisin betoniin. Tyypillisesti ilmiö todetaan haitalliseksi, koska se saattaa aiheuttaa betonirakenteiden yhteydessä käytettyjen terästen ruostumista.

Materiaaliseloste	Materiaaliseloste on dokumentti, jossa luetteloidaan rakentamisessa käytettävät materiaalit eri kategorioihin. Tietoa voidaan mm. hyödyntää rakennuksen ilmastaselvityksessä.
Päästötietokanta	Päästötietokanta on rakennetun ympäristön tietojärjestelmäkokonaisuus, johon on kootusti kerätty materiaalien ja palvelujen keskimääräisiä päästötietoja. Päästöjä voidaan kerätä kansallisesti valtion elimen toimesta, jolloin päästötietokanta on kansallinen päästötietokanta.
Tekninen käyttöikä	Tekninen käyttöikä on materiaalin, rakenteen, rakennuksen tai sen osan ikä, jolloin sen voidaan olettaa saavuttaneen keskimääräisesti elinkaarensa lopun.
Tietomalli	Tietomalli on digitaalinen ja 3-ulotteinen esitys suunnitelmasta, jossa on tietosisältöä rakennuksen osista
Vähähiilinen rakennus	Vähähiilinen rakennus on rakennus, jonka elinkaaren aikainen hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni.
Ympäristöseloste	Ympäristöseloste eli EPD kuvaa tuotteen tai palvelun valmistamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Uudistuva rakentamislaki velvoittaa rakennusalan yrityksiä laatimaan rakennushankkeistaan elinkaariarvioita vuoden 2025 alusta alkaen rakennusluvan saannin ehtona. Rakentamislakiuudistuksen mukana tulevat myös rakennustyyppikohtaiset hiilijalanjäljen raja-arvot, jotka aiheuttavat lisävaatimuksia arvioitaville rakennuksille. Vaatimukset asettavat haasteita rakennusalalla toimiville yrityksille, kun markkinatalous muuttuu poliittisten päätösten myötä ympäristöystävällisempään suuntaan.

Tämä opinnäytetyö kuvaa kehitystyötä, jonka rakennus- tai kiinteistöalan yritys käy elinkaariarviointiprosessin käyttöönottovaiheessa. Työ kuvaa myös sitä, kuinka prosessia on tarkoitus kehittää vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin. Tarkoitus on etsiä keinoja rakennushankkeen suunnittelun ja rakentamisen ohjaukseen vähähiiliseen suuntaan.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on yritys, jolla ei ole aikaisempaa omaa kokemusta elinkaariarviointista ja vain vähäinen kokemus vähähiilisestä rakennuttamisesta, suunnittelusta ja rakentamisesta. Aikaisemmissa yrityksen hankkeissa, joissa elinkaariarviointia tai vähähiilisen rakentamisen ohjausta on vaadittu, on käytetty ulkopuolista konsulttia.

1.2 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Tämän työn tavoitteena on löytää työn toimeksi antaneen kiinteistökehitysyhtiön rakentamiseen ja resursseihin soveltuva menetelmä ja prosessi elinkaariarviointin toteuttamiseen. Lisäksi tavoitteena on havainnollistaa suunnittelijalle, rakennuttajalle ja urakoitsijalle tulevat vähähiiliset vaatimukset.

Yrityksen jo rakennettujen hankkeiden elinkaariarviointin tarkoituksena on selventää yleisimpiä rakennushankkeiden vähähiiliseen suunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavia tekijöitä. Suunnittelulle on tarkoitus esittää elinkaariarviointin tuomat uudet vaatimukset sen sujuvaan toteuttamiseen.

Tutkimuksen on tarkoitus vastata seuraaviin kysymyksiin elinkaariarvion ja rakennushankkeeseen liittyvän suunnittelun ympäriltä:

- Mikä on elinkaariarvio ja mitä se tutkii?
- Kuinka arviointia voitaisiin tehdä yrityksen tarpeisiin soveltuvaksi?
- Minkälaista tietoa tarvitaan arvion laatimiseen?
- Kuinka tieto on helpoiten kerättävissä?
- Kenen sitä olisi tuotettava?
- Mitä tiedolla tehdään ja kuka sitä tarvitsee?
- Mikä on yrityksen hankkeiden hiilijalanjälki?
- Mitä yrityksen tulisi vaatia hankkeita rakentavalta urakoitsijalta?

1.3 Työn rakenne ja rajaus

Tutkimustyö sisältää elinkaariarvioinnin yleiset käsitteet, elinkaariarvioinnin historiaa Suomessa, EU:n tavoitteet ja kannustimet, Suomen rakentamislakiuudistuksen vaatimukset vähähiilisyden osalta, kuvauksen arviointiprosessin kulusta kiinteistökehitysyrityksessä, yrityksessä suunniteltujen ja toteutettujen hankkeiden hiilijalanjäljen arvioinnin lähtötason selvittämiseksi, yrityksen hankkeiden elinkaariarvioinnista saatujen tulosten vertailun ja johtopäätökset, kuvauksen vähähiilisen hankkeen eri kohdissa tapahtuvasta suunnittelun ohjauksesta, suunnittelun ohjauksen vähähiiliset tavoitteet sekä ehdotukset kiinteistökehitysyhtiön ja urakoitsijan välisille vastuunjaoille johtuen vähähiilisistä vaatimuksista.

Yrityksen elinkaariarvioidut hankkeet rajautuvat uudistuotantoon ja vain hankkeen rakennuksien hiilijalanjälkeen. Rakennusmääräyksien asettamat tulevat raja-arvot tulevat esityksen mukaan keskittymään vain hankkeiden hiilijalanjäljen osalta rakennukseen, joten rakennusalueen hiilijalanjäljen ja hankkeen hiilikädenjäljen vaikutuksia ei lähdetty tutkimaan aikarajoitteisista syistä.

Tarkoitus on tarjota yritykselle käypää informaatiota vähähiilisydestä tuleviin hankekehityshankkeisiin ja niiden suunnitteluun. Kerätty tieto koostetaan niin, että se olisi myös vertailukelpoista edellä esitetyllä sisällöllä yleisesti saatavilla olevan tiedon kanssa. Arvioitujen rakennushankkeiden yksityiskohtaisia tietoja ei julkaista anonymiteetin säilyttämiseksi, ja tämän takia hankkeet nimetään vain rakennustyyppien ja pyöristettyjen lämpimien tilojen kerroksien pinta-alojen perusteella.

Rakennusmateriaalien vaihdoksilla on pyritty löytämään hyviä vaihtoehtoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi yrityksen yleisimmissä rakennustyypeissä. Elinkaariarviontien yhteydessä tutkitut materiaalivaihdot on rajattu kahteen rakennushankkeeseen ja niiden alkuperäiseen kokoon ja muotoon. Rakennusosien vaihtojen vaikutuksia hankkeen muuhun toimivuuteen tai rakennusmääräyksiin ei tarkasteltu. Materiaalivaihtojen tarkoituksena oli löytää keinoja vain vähähiilisen rakentamisen saavuttamiseksi.

Suunnittelunohjauksessa osoitetaan elinkaariarvioinnille tärkeimmät kohdat hankkeen kehityksestä käyttöönottoon, jotta selviäisi, missä elinkaariarviointia olisi toteutettava. Tarkoitus on, että suunnittelijalle hahmottuisi, mitä häneltä vaaditaan, jotta elinkaariarviointi hankkeesta voidaan toteuttaa. Kaaviot suunnittelun osalta ovat suuntaa antavia, ja prosessia tuleekin muokata työryhmän kokemuksen ja vähähiilisuuden ymmärryksen karttuessa.

Rakennuttamisen osalta käydään läpi vain potentiaaliset vähähiilisen rakentamisen aiheuttamat yhteistyön muutokset urakoitsijan ja rakennuttajan välillä. Tarkoitus on, että välttyttäisiin mahdollisilta riitatilanteilta urakoitsijan kanssa. On tarkoitus myös ohjata ja opastaa urakoitsijaa vähähiiliseen toimintaan rakentamislakimuutosten myötä, jotta molemmat osapuolet hyötyisivät hankkeista taloudellisesti ja imagollisesti. Osio perustuu pääosin päättelyyn arviointitulosten perusteella ja aiheen ympäriltä.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimustyö alkaa tulevien vähähiilisuuden tarpeiden arvioinnilla, sekä lainsäädännön ja kannustimien tutkimisella. Työ keskittyy yrityksen hankekannassa olevien rakennushankkeiden elinkaariarviointiin ja siitä saatavan tiedon jatkojalostamiseen.

Elinkaariarviointia pyritään toteuttamaan arviointihetkellä tuoreimman ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointiohjeen luonnoksen mukaisesti, ja tarkoitus on kerätä siitä tietoa yrityksessä toteutettavan arviointiprosessin kuvaamista ja kehittämistä varten.

Elinkaariarvioituista hankkeista kerätään tietoa suunnittelunohjaukseen, jotta voidaan arvioida yrityksen tuottaman suunnittelun tämänhetkinen hiilijalanjäljen taso. Arvioinnista kerättyä tietoa voidaan verrata yleisesti saatavilla olevaan tietoon johtopäätösten vetämiseksi.

Arvioinnin yhteydessä on tarkoitus etsiä myös keinoja, kuinka hankkeissa voitaisiin saavuttaa pienempi elinkaaren aikainen hiilijalanjälki, ja minkälainen vaikutus hiilijalanjälkeen materiaa-
livaikahdoilla voisi olla kussakin tilanteessa.

Hankekehityksen alkuvaiheessa hankkeessa saattaa olla epävarmaa tietoa esimerkiksi sen talotekniikan sisällöstä, joten sille voidaan asettaa pinta-alaperusteisesti rakennustyyppikoh-
tainen oletusarvo. Tässä työssä verrataan toteutuneen hankkeen talotekniikkaa ja kansalli-
sen tietokannan pinta-ala perusteisesti arvioitujen talotekniikkaosien hiilijalanjälkeä. Vertailua
tehdään myös työmaatoimintojen hiilijalanjäljen vaikutuksesta saman tyyllisellä menetelmällä.

Opinnäytetyössä tuodaan esiin myös potentiaalisia haasteita liittyen elinkaariarvioinnin tarpei-
siin ja vähähiiliseen rakentamiseen ja esitetään vastuunjakoon liittyviä haasteita rakennus-
hanketta toteuttavan urakoitsijan ja rakennuttajan välillä.

Tutkimustyö sisältää kvalitatiivisen osuuden, jossa arviointimenetelmää, arviointiprosessia,
suunnittelun ohjausta ja tuloksia pyritään analysoida kirjallisen materiaalin perusteella.
Tutkimus sisältää myös kvantitatiivisen osuuden, jossa rakennusten elinkaaren vaikutuksia
arvioidaan ja verrataan numeerisiin perusteisiin hyödyntäen tietokoneavusteista laskentaa.

Tämä raportti ja siihen liittyvä työ on toteutettu kevään 2023 ja kevään 2024 välisenä aikana.
Arvioidut yrityksen hankkeet perustuvat pääosin Ympäristöministeriön 30.9.2022 laatimiin
luonnoksiin ilmastaselvityksestä ja materiaaliselosteesta.

1.5 Työn toimeksiantaja

WasaGroup Oy on vuonna 2010 perustettu kiinteistökehitysyhtiö, jonka pääasiallinen liiketoiminta on kehittää hankkeita, tuottaa vuokrasopimuksia rakennettavista kiinteistöistä sijoitusyhtiölle, rakennuttaa hankkeita vuokrasopimusten ehtojen mukaisesti sekä ylläpitää hankkeita niiden myyntiin saakka (Wasagroup, i.a). WasaGroup Oy:n palveluksessa on pääosin hankekehittäjiä, myyjiä, rakennuttajia, taloushallinnon asiantuntijoita ja kiinteistönhallinta-asiantuntijoita.

WasaGoup Oy toimii laaja-alaisesti yksityisellä ja julkisella sektorilla. Julkisella sektorilla yritys osallistuu kuntien järjestämiin vuokratarkouskilpailuihin, joissa tyypillisimmät hankkeet voivat olla mm. päiväkotikiinteistöjä, kouluja, terveyskeskuksia, pelastusasemia jne., joita kunta tai muu julkinen toimija haluaa vuokrata (Wasagroup, i.a). Näin ollen kunnan ei tarvitse itse omistaa kiinteistöä, mikä pienentää kunnan investointeja lyhyellä aikavälillä.

WasaGoup-konsernin alaisuudessa toimii myös vuonna 2010 perustettu suunnittelutoimisto WasaPlan Oy, joka palvelee WasaGroup Oy:tä hankkeiden suunnittelussa hankekehitysvaiheesta toteutukseen (WasaPlan, i.a). WasaPlan Oy:llä on palveluksessaan arkkitehtejä, tietomalliasiantuntija, rakennesuunnittelijoita ja sähkösuunnittelijoita. WasaPlan Oy palvelee suunnittelutoiminnallaan myös ulkopuolisia toimijoita.

Konsernin yrityksiin kuuluu myös vuonna 1996 perustettu rakennusliike WasaCon Oy, joka toimii usein päätoteuttajana WasaGroup Oy:n hankkeissa (WasaCon, i.a).

1.5.1 Elinkaariarvioinnin laadinta yrityksessä ennen

Yrityksessä ei aikaisemmin ole itse tehty rakennushankkeiden elinkaariarviointia johtuen pääsääntöisesti osaamisen, arviointiprosessin ja ohjelmistojen puutteesta.

Aikaisemmin vaadittavat tiedot hankkeesta lähetettiin ulkopuoliselle konsultille, joka laati saamiensa tietojen perusteella arvion hankkeen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä. Menetelmässä havaittiin, että suunnitelmamuutokset aiheuttivat tiedonvaihtoketjun suunnittelijan, projektinjohtajan ja elinkaariarviointia laativan konsultin välillä. Tämä aiheutti paljon töitä, vei aikaa ja pahimmillaan tieto ei kulkenut perille joko suunnittelijalle tai arvion laatijalle. Pienetkin

suunnitelmamuutokset saattoivat aiheuttaa jatkuvan muutoskierteen suunnitelmien ja arviointien välillä.

Varsinaisen arviointiprosessin puuttuessa suunnittelijan on vaikea tietää, mitä hänen tulisi tehdä missäkin hankekehityksen vaiheessa, ja arviointilaatijan on vaikea saada oikeaa tietoa hankkeesta oikea-aikaisesti.

1.5.2 Rakentamiseen liittyvät vähähiilisyyden vaatimukset ja tavoitteet

Yrityksessä ei aikaisemmin ole ollut juurikaan rakennushankkeita, joissa olisi täytynyt huomioida vähähiilisyyteen liittyviä vaatimuksia. Tulevaisuudessa tilanne tulee muuttumaan johtuen muuttuvasta markkinatilanteesta ja rakentamislakiuudistuksesta.

Tulevaisuuden vaatimukset elinkaariarvion toteuttamisesta rakennuksen rakennuslupaan, sekä vaatimus sen päivittämisestä rakennuksen käyttöönoton yhteydessä aiheuttavat muutoksia yrityksen rakennushankkeiden toimintatapaan (Savolainen ym., 2023, s. 76).

Ohjaavana tekijänä voi toimia myös vähähiilisyyteen pyrkiviä ympäristöluokituksia, jolla tavoitellaan edullisempaa rahoitusta EU-taksonomian välityksellä (Green Building Council Finland, 2021, s. 5–7).

Mikäli rakennushankkeessa tavoitellaan vähähiilisyyttä, on sen vaatimukset huomioitava jo hankkeen kehitysvaiheessa, jotta tavoitteisiin voitaisiin realistisesti päästä (Savolainen ym., 2023, s. 75–76). Tällöin rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden vastuujakoa voidaan joutua miettimään uudelleen.

Vähähiiliseen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä ratkaisuista yrityksellä on vain vähäinen tieto toteutettujen hankkeiden osalta. Käytössä oleva tieto on vain hankekohtaista, ja sen hyödyntäminen tulevissa hankkeissa on hankalaa johtuen arviointimenetelmän sisällön muutoksista vuosien varrella. Tavoitteena on kerätä uutta tietoa yrityksen jo toteutuneista hankkeista tulevien uusien hankkeiden arvioinnin tueksi.

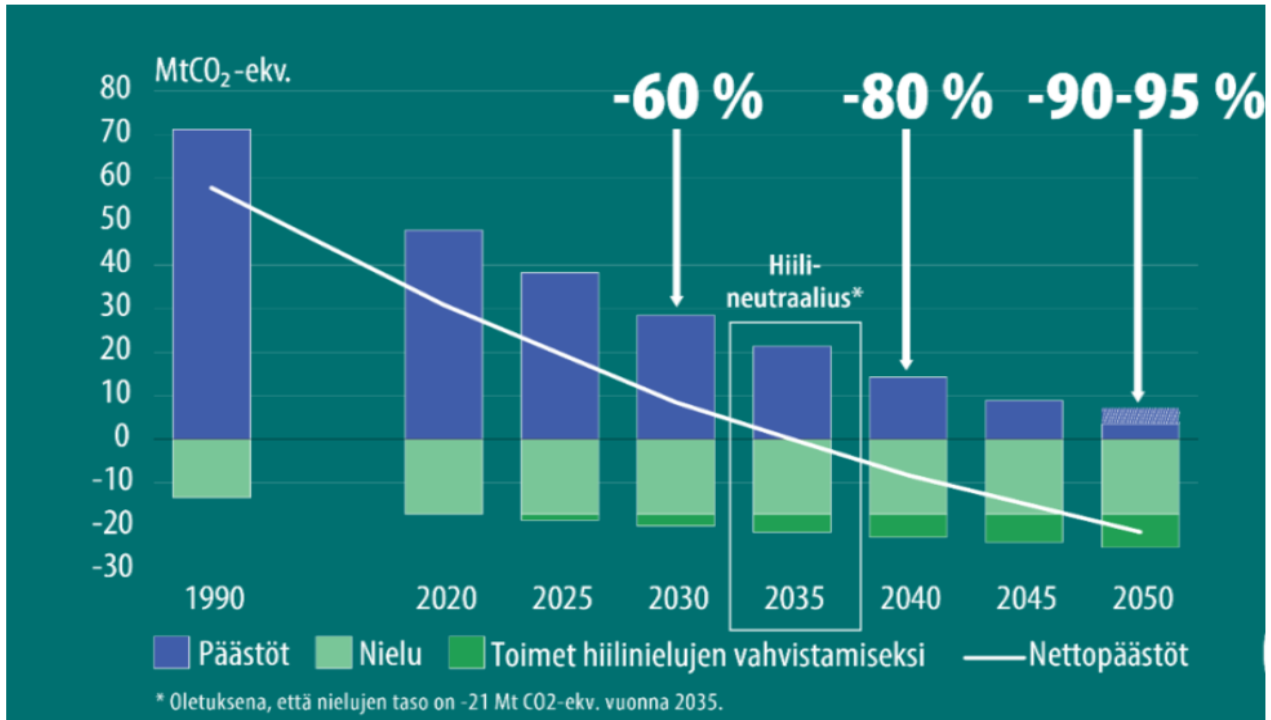
2 Kasvihuonepäästöjen hillitsemisen kansalliset tavoitteet

Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopöimöksessä vähentämään ilmaston lämpenemistä yhteiskunnan eri osa-alueilla (Honkonen & Kulovesi, 2019, s. 4, 7). Pariisin ilmastopöimus on oikeudellisesti sitova kansainvälinen söimus ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Söimöksen tavoitteena on ilmaston lämpenemisen rajaaminen 1,5 lämpöasteeseen. Söimus hyväksyttiin vuonna 2015.

Ilmastopöimus ei sisällä varsinaisia päästövähentämisvelvoitteita, vaan sen osapuolet sitoutuvat valmistelemaan kansallisia päästötavoitteitansa ilmastonlämpenemisen hillitsemiseksi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 12–14,19).

Suomessa astui voimaan vuonna 2022 pätevoity ilmastolaki, jonka tarkoituksena on asettaa selkeät tavoitteet Suomen kasvihuonepäästöjen vähentämiselle (Suomen säädöskokoelma, 2022, s. 3). Ilmastolain tarkoituksena on toteuttaa Pariisin ilmastopöimöksen tavoitteita Suomen valtion osalta.

Ilmastolain mukaan Suomen on tarkoitus olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä (Suomen säädöskokoelma, 2022, s.1). Tämä tarkoittaisi sitä, että valtion nettopäästöjen tulisi olla nolla tai negatiivinen asetettuun aikarajaan mennessä. Päästövähennystavoite vuoteen 2030 mennessä on 60 % vuoden 1990 tasoon nähden, 80 % vähennys vuoteen 2040 mennessä ja 95 % vähennys vuoteen 2050 mennessä, kuten kuviossa 1. osoitetaan.



Kuvio 1. Suomen tavoitteelliset kasvihuonepäästöt suhteessa vuoden 1990 päästöihin (Valtioneuvosto, 2022, s.5).

Jotta tavoitteeseen päästäisiin tulee päästöjen pienentyä nopeasti niitä tuottavilla suurilla sektoreilla, kuten rakentaminen, teollisuus ja metsätalous (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 14). Vähähiilisen rakentamisen näkökulmasta tämä tarkoittaisi tuotteiden ja tuotannon kehittämistä vähähiiliseksi.

2.1 Rakennusten hiilijalanjälki

On arvioitu, että noin 40 % Euroopan kokonaisenergiankulutuksesta ja noin kolmasosa hiilidioksidiekvivalenttipäästöistä liittyy rakentamiseen, rakennusten lämmittämiseen ja sähkönkäyttöön (Ympäristöministeriö, 2022, s.2). Rakentamisen on myös arvioitu olevan yksi kustannustehokkaimmista sektoreista vähentää hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä merkittävästi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 18).

Rakentamisessa hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä aiheutuu raaka-aineiden hankinnasta, niiden kuljetuksesta, raaka-aineiden jalostamisesta tuotteeksi, kuljetuksista, maansiirtotöistä ja rakentamisesta (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 18). Myös rakennusten purkamisella ja jätteen käsittelyllä tai kierrätyksellä on vaikutusta päästöjen kokonaisuuteen.

Esimerkkinä Suomessa valmistetun uuden asuinkerrostalon materiaalien valmistus on noin 25 % sen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 24). Uusien rakennusten käytönaikainen lämmitysenergian ja sähkön kulutus on noin 60 % rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä. Loput noin 15 % muodostuvat rakennuksen rakentamiseen, korjaamiseen ja purkamiseen liittyvistä tekijöistä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 24–25).

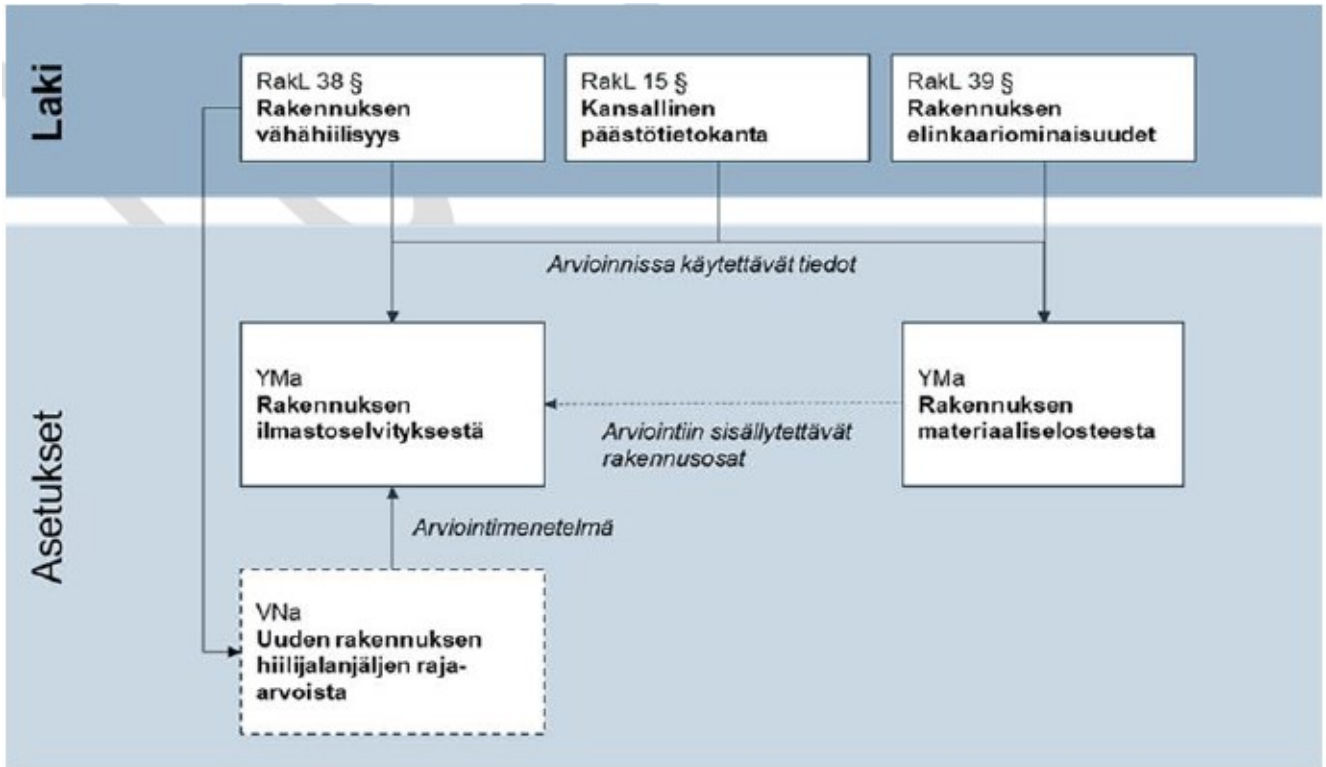
Päästöjä runsaasti aiheuttavien rakennusmateriaalien, kuten teräksen, muovin, sementin ja alumiinin käytön on arvioitu moninkertaistuvan vuosisadan loppuun mennessä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s.18, 21). Tuotteiden huolellisella suunnittelulla, haitallisten raaka-aineiden käyttöä vähentämällä ja tuotantoon liittyvän energian käytön vähentämisellä voidaan päästä merkittävään päästövähennykseen vastaavassa ajassa. Parhaimmissa tapauksissa rakenneosia voidaan käyttää uudelleen ja syntyvä purkujäte voidaan kierrättää uusien tuotteiden raaka-aineiksi.

Rakennusten lämmittämisen ja energiantuotannon päästöt ovat riippuvaisia käytetyistä tuotannon muodoista (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 45–47). Haitallisimpiin energiantuotantomuotoihin kuuluvat fossiiliset polttoaineet, kaasut ja turve, kun taas vähäpäästöisimmät tuotantomuodot liittyvät uusiutuviin energianlähteisiin, kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoimaan.

2.2 Vuoden 2025 rakentamislaki

Suomen eduskunta hyväksyi vähähiilistä rakentamista koskevan uuden rakentamislain päivämäärällä 1.3.2023 (Ympäristöministeriö, 2023). Rakentamislakiuudistus velvoittaa 38§ ja 39§ mukaisesti vuoden 2025 alusta uusien ja laajamittaisia korjauksia vaativien rakennusten ilmastaselvityksen ja materiaaliselosteen laatimisen rakennusluvan saannin ehtona (Tukes, 2023). Ilmastaselvityksestä ja materiaaliselosteesta laadittu selvitys tulee myös päivittää rakennuksen käyttöönoton yhteydessä. Asia on esitetty kuviossa 2. kaavion muodossa.

Osana ilmastaselvitystä rakennushankkeeseen ryhtyvä selvittää hankkeen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen rakennuksen ja rakennuspaikan osalta sekä hankkeesta aiheutuvan positiivisen vaikutuksen eli hiilikädenjäljen koko rakennuksen elinkaaren ajalta (Ympäristöministeriö, 2022, s. 4–6).



Kuvio 2. Kaavio rakentamislakiuudistuksen tuomista asetuksista (Ympäristöministeriö, 2022b, s. 3).

Uusi rakentamislaki tulee asettamaan myös raja-arvot rakennuksen elinkaarenaikaiselle hiilijalanjäljelle rakennustyypeittäin (Ympäristöministeriö, 2022, s. 4–6). Näitä raja-arvoja ei saa ylittää. Raja-arvoja ei asetettaisi kuitenkaan kaikille rakennustyypeille, esimerkiksi erillistalot jäisivät raja-arvojen ulkopuolelle. Raja-arvoja ei ole esitetty tämän raportin laatimisajankohdan mennessä.

Rakennusten hiilijalanjäljen raja-arvon tarkoitus on ohjata hankkeita vähähiilisempään suuntaan osana suurempaa kokonaisuutta, jotta kansalliset tavoitteet Suomen hiilineutraalisuuden osalta täyttyisivät vuoteen 2035 mennessä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 14).

Rakennustyyppit, joilta ei vaadittaisi lainkaan toimenpiteitä ilmastaselvityksen tai materiaaliselosteen osalta olisivat ne rakennukset, joilta ei myöskään vaadita energiaselvitystä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 6). Listaus arvioitavista rakennustyypeistä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Listaus rakennuksista, joille on laadittava rakentamislain mukainen ilmastaselvitys ja siihen kuuluva elinkaariarvio (Ympäristöministeriö, 2022, s. 6).

<i>Ilmastaselvitys tarvittaisiin rakentamishuvan hakemisen yhteydessä.</i>	<i>Ilmastaselvitystä ei tarvittaisi rakentamishuvan hakemisen yhteydessä.</i>
<ul style="list-style-type: none"> - 110 Pientalot - 111 Paritalot - 112 Rivitalot - 12 Kerrostalot - 3 Liikerakennukset - 4 Toimistorakennukset - 5 Liikenteen rakennukset (pl. katokset ja huoltorakennukset) - 6 Hoitoalan rakennukset - 7 Kokoontumisrakennukset - (pl. uskonnollisten yhteisöjen rakennukset) - 8 Opetusrakennukset - 12 Varastorakennukset (pl. lämmittämättömät varastot tai varastokatokset) - 13 Pelastustoimen rakennukset - Laajamittaisesti korjattavat rakentamislupaa vaativat rakennukset, joiden energiatehokkuutta on lain mukaan parannettava 	<ul style="list-style-type: none"> - Väliaikaiset rakennukset - Alle 50 m² rakennukset - Suojellut rakennukset - 211 Osavuotiset vapaa-ajanrakennukset - 512 Ammatillisen kaluston huoltorakennukset - 514 Kulkuneuvojen katokset - 52 Tieto- ja viestintätekniikan rakennukset - 73 Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset - 9 Teollisuuden ja kaivannaistoiminnan rakennukset - 10 Energianhuoltorakennukset - 11 Yhdyskuntatekniikan rakennukset - 1210 Lämmittämättömät varastot - 1215 Varastokatokset - 1311 Väestönsuojat - 14 Maatalousrakennukset ja eläinsuojat - 19 Muut rakennukset - Erilliset rakennuksiin kuulumattomat rakenteet

2.3 EU-taksonomia ja vihreä rahoitus rakennushankkeissa

EU on julkaissut taksonomian eli luokitusjärjestelmän kestävästä rahoituksesta (Motiva, 2024). Taksonomian perusteella esitetään sääntely, jonka tarkoituksena on helpottaa kestävä sijoittamista. Taksonomian avulla määritellään luokittelu ja kriteerit kestävälle taloudelle toiminnalle.

Euroopan unioni on asettanut myös omia tavoitteitaan olla vuoteen 2050 mennessä hiilineutraali (Rakentamisen laatu (RALA), 2023, s. 4). Tavoitteen saavuttamiseksi EU on lanseerannut Euroopan vihreän kehityksen ohjelman eli taksonomian.

EU-taksonomia toimii ympäristöystävällisen rakentamisen kannustimena ja vauhdittavana tekijänä (Rakentamisen laatu (RALA), 2023, s. 4). Taksonomian osana tarkoitus on lisätä vähähiilisten hankkeiden taloudellista kannattavuutta edullisemmän hankerahoituksen välityksellä. Rahoitus ns. vihreille hankkeille voi olla myös rahoituslaitoksessa ns. korvamerkittyä, kun taas perinteisissä hankkeissa rahoituksesta kilpailevien tahojen määrää ei ole rajattu. EU-taksonomia suojelee myös sijoittajia ns. viherpesulta, ohjaten markkinoilla toimivia sijoittajia löytämään oikeasti ympäristöystävälliset yritykset ja hankkeet.

EU-taksonomia asettaa tavoitteita hankkeelle, jotta hanketta rahoittava ja kehittävä taho saavat taloudellista hyötyä edullisemman rahoituksen muodossa (Rakentamisen laatu (RALA), 2023, s. 12–13). Vihreällä rahoituksella tarkoitetaan lainaa, jonka yritys saa rahoittajalta, kun se sitoutuu lainan käyttämiseen vastuullisessa hankkeessa. Lainan ehtoina voi olla erityyppisiä vaatimuksia, kuten ympäristösertifioitu tai -merkitty rakennushanke.

Ympäristömerkinnöissä on eri tasoja, joita voidaan saavuttaa tiettyjä kriteerejä täyttämällä (Rakennustieto, 2022, s. 7–8). Vähähiilisydestä voi tulla yksi merkittävimmistä tekijöistä vihreän rahoituksen rakennushankkeissa.

Vaikka lainoitusta hakeva rakennushanke voi saada edullisempaa rahoitusta, taksonomia kasvattaa myös rahoitusta saavan yrityksen dokumentointivaadetta hankkeen tietojen osalta, raportoinnin ollessa oleellinen osa taksonomiaa ja ympäristötavoitteita (Rakentamisen laatu (RALA), 2023, s. 5–6, 10, 14).

2.4 Rakennusten ympäristömerkinnät

Ympäristömerkinnät tai -sertifiointit perustuvat kolmannen osapuolen tulkintaan tuotteen, palvelujen tai vaikka koko rakennuksen ympäristöystävällisyydestä, auttaen arviointitulosten viestinnässä sitä tulkitsevalle taholle (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 63–64).

Ympäristömerkinnän tekevä taho myöntää soveltuvat indikaattorit, määrittelee vaadittavat kriteerit, sekä tekee vaadittavat arvioinnit ja auditoinnit vaatimusten mukaisuuden varmentamiseksi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 67). Tyypillinen ympäristömerkintä perustuu järjestelmään, jossa laaditaan tarvittavat kriteerit etukäteen. Tarkoituksena on lisätä riippumattoman tiedon saatavuutta arvioitavasta kohteesta ja ohjata kulutusta kohti vähäisempää ympäristökuormitusta.

Rakennuksen ympäristömerkinnän vaatimukset riippuvat valitusta luokitusjärjestelmästä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s.65–67). Vaatimuksena voi olla esimerkiksi elinkaaren aikainen hiilijalanjälki, talotekninen toimintavarmuus, käytönopastus, sisäilman laatu, materiaalitehokkuus, materiaalien päästöt, työmaan kosteudenhallinta, energian kulutus ja elinkaarikustannukset.

Useimmat ympäristömerkinnät eivät myöskään sulje pois rakentamislakiuudistuksen tuomia vaatimuksia vähähiilisuuden arvioinnissa vaan, tukevat toisiaan (Raksystems, 2023). Sertifiikaatin aiheuttama ympäristöohjaus ei välttämättä lisää töitä tulevaan käytäntöön nähden.

Ympäristösertifioinnista aiheutuva lisäinvestointi on noin 2–4 % rakennushankkeen kustannuksista (Savolainen ym., 2023, s. 77–79). Luokituksen kustannukset riippuvat valitusta ympäristöluokituksesta ja luokituksen valitusta tasosta.

3 Rakennushankkeen elinkaariarviointimenetelmä

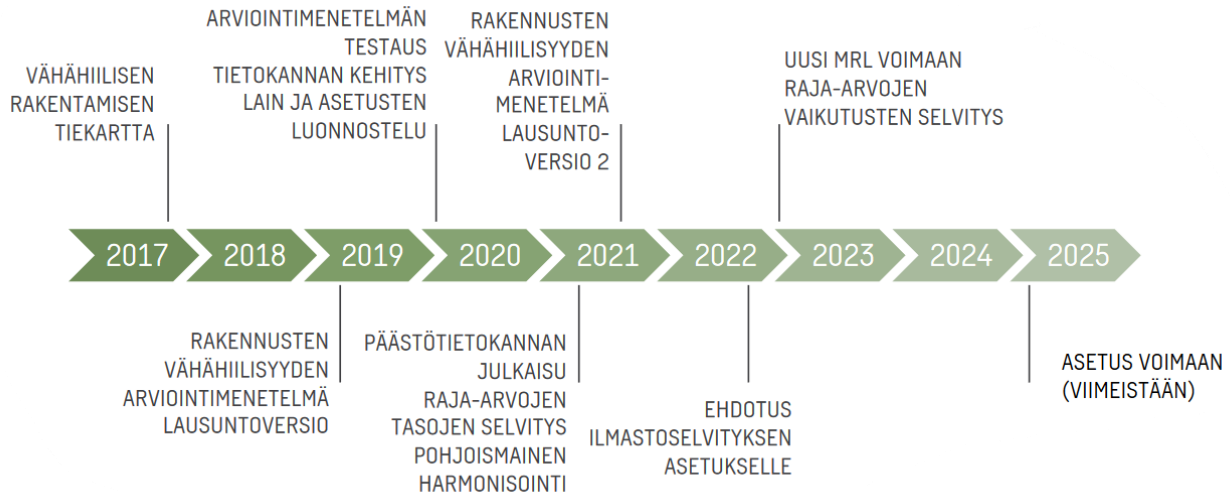
Rakennusten elinkaariarviota ei ole Suomessa vielä rakennusmääräysten osalta määritetty, mutta yleisessä käytössä on ympäristöministeriön kehittämä elinkaariarviointimenetelmä, joka on tätä raporttia laadittaessa luonnosvaiheessa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 3).

Tässä luvussa käydään läpi uudelle rakennukselle elinkaariarviointiin liitettävät arviointikohteet ja kriteerit, jotka tämän raportin kirjoitushetkellä ovat julkisista lähteistä koottavissa tai tulokittavissa. Tämä raportti perustuu pääosin vuoden 2022 syyskuussa valmistuneen arviointimenetelmän luonnokseen ja sen perustelumuiistioon.

3.1 Elinkaariarvioinnin taustat ja kehitys Suomessa

Suomeen laadittava ympäristöministeriön arviointimenetelmä perustuu yhteiseurooppalaisiin EN ja EN ISO-standardeihin (Ympäristöministeriö, 2022, s.6, 14). Keskiössä toimivat standardit ovat yleiskehys rakentamisen ja infrarakentamisen kestävyuden arviointiin EN 15643 (Suomen Standardiliitto (SFS), 2021 s. 1), yhteiseurooppalainen rakennushankkeita käsittelevä standardi EN 15978 (SFS, 2012, s. 1) ja materiaalien ympäristöselosteita käsittelevä EN 15804 (SFS, 2019, s. 1). Standardien pohjalta Ympäristöministeriö on ohjannut arviointimenetelmää, jonka avulla pyritään helpottamaan rakennushankkeiden ilmastovaikutusten arviointia (Ympäristöministeriö, 2022, s. 4).

Ympäristöministeriö on valmistellut vuodesta 2016 lähtien rakennusten vähähiilisyden arviointimenetelmää (Ympäristöministeriö, 2022, s. 4). Tiekartta on esitetty kuviossa 3. Vuonna 2017 julkaistiin ensimmäinen vähähiilistä rakentamista koskeva tiekartta. Vuonna 2019 otettiin käyttöön eurooppalaisiin standardeihin perustuva vähähiilisyden arviointimenetelmä, jota pilotoitiin seuraavana vuonna asiantuntijoiden toimesta (Ympäristöministeriö, 2021, s. 2–3). Menetelmä kuvaa arvioinnin kulkua ja sen arviointikohtia. Sittemmin arviointimenetelmää on tarkennettu useampaan otteeseen rakennusalan asiantuntijaraadin toimesta, jonka Green Building Council Finland on koonnut (Ympäristöministeriö 2022, s. 1, 5, 40–41). Asiantuntijoiden keskuudessa on maan suurimpia suunnittelutoimistoja, rakennusliikkeitä, rahoitusalan yrityksiä ja muita konsultteja.



Kuvio 3. Vähähiilisyden tiekartta kuvaa vähähiilisen rakentamisen lainsäädännön ja asetusten kehitystä Suomessa (Sweco, 2022, s. 18).

30.9.2022 asiantuntijaraati kokosi viimeisimmän luonnoksen arviointimenetelmästä lausuntokierrokselle (Ympäristöministeriö 2022, s. 1, 10). Luonnos sisältää kokonaisuudessaan varsinaisen ympäristöministeriön asetuksen luonnokset ilmastaselvitykseen, vähähiilisyden arviointiin ja materiaaliselosteen laadintaan.

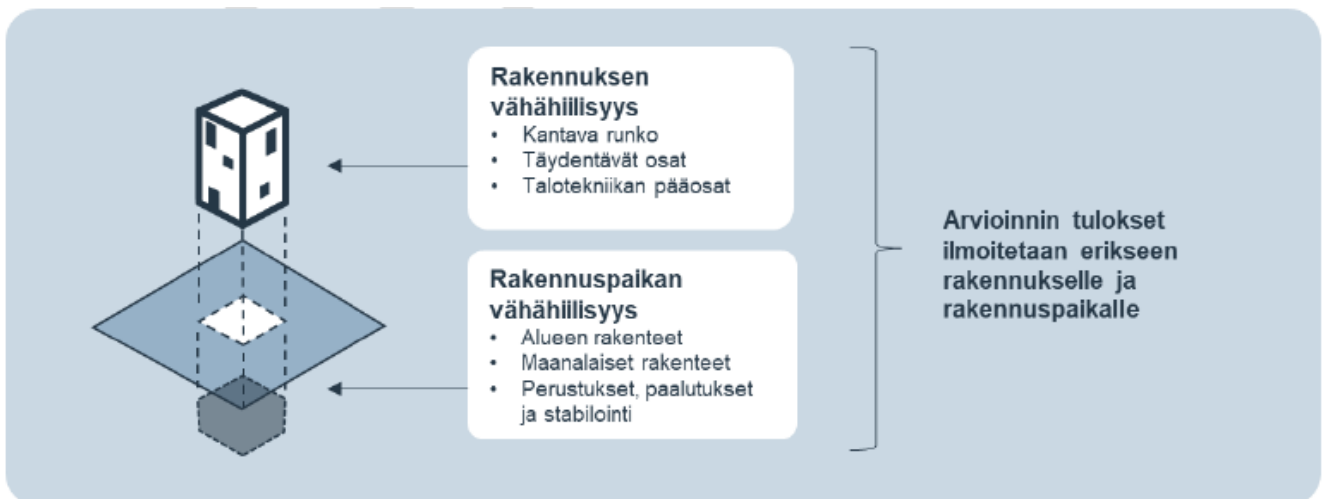
3.2 Rakennushankkeen elinkaariarvioinnin sisältö ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti

Elinkaariarviointimenetelmä käsittelee rakennuksen elinkaaren aikana syntyvää hiilijalan- ja hiilikädenjälkeä kussakin rakennuksen elinkaaren vaiheessa (Ympäristöministeriö 2022, s. 1–2). Arvioinnissa on huomioitu rakennushankkeen materiaalien tuotanto, kuljetus ja asennus, käytönaikaiset materiaalivaihdot ja energiankulutus, sekä rakennuksen purkuun liittyvät toimenpiteet. Yhteenlaskettavat vaikutukset huomioidaan rakennuksen elinkaaren kattavassa ajanjaksossa. Rakennuksen elinkaari ja arvioinnin sisältö on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Vähähiilisyiden arvioinnin elinkaaren vaiheet (Ympäristöministeriö, 2021, s. 10).

Arviointi jaetaan kahteen arvioitavaan kohteeseen, rakennukseen ja rakennuspaikkaan. Rakennukseen kuuluu kaikki, mikä palvelee rakennuksen käyttöä ja rakennuspaikkaan kuuluu kaikki, mikä palvelee rakennuspaikan käyttöä (Ympäristöministeriö 2022, s. 10). Molempien tulokset arvioidaan erikseen ja ilmoitetaan hiilijalan- ja hiilikädenjälkenä.



Kuvio 5. Elinkaariarviointi jaetaan rakennukseen ja rakennuspaikkaan (Ympäristöministeriö, 2021, s. 10).

Tarkoituksena olisi se, ettei tontille (rakennuspaikalle) rakentava taho voisi vaikuttaa tontin ominaisuuksiin ja siitä johtuvaan perustamistapaan, sekä niistä johtuviin hiilijalanjäljen vaikutuksiin (Ympäristöministeriö 2022, s. 36–37). Rakennettava rakennus olisi myös paremmin vertailukelpoinen muiden vastaavien rakennusten kanssa, kun tontin koosta tai maaperästä johtuvat tekijät eivät vaikuta rakennushankkeen hiilijalanjälkeen. Rakennuspaikkaa koskeva hiilijalanjälki on kuitenkin ilmoitettava. Tieto palvelee kaavoituksesta johtuvien ilmastovaikutusten arviointia (Ympäristöministeriö 2022, s. 10).

Rakennuspaikan maamassojen, tuentojen, päällysteiden, aluerakenteiden ja istutusten lisäksi rakennuspaikkaan sisältyisivät myös rakennukseen perinteisesti mielletyt perustukset, paalu- tus ja stabilointi (Ympäristöministeriö 2022, s. 10–11). Niiden toteuttaminen hankkeessa on tyypillisesti perusteltua, kun perustusominaisuudet sitä edellyttävät. Näitä asioita on esitetty kuviossa 5 ja taulukossa 2.

Arvioinnista pois jätettävät rajaukset perustuvat vertailuun kansainvälisten ja pohjoismaisten arviointimenetelmien välillä (Ympäristöministeriö 2022, s. 7–8). Arvioinnin ulkopuolella jäävien rakennusosien vaikutus hankkeen hiilijalanjälkeen on varsin vähäinen, arviointi olisi han- kalaa tai arviointiin liittyy suurta epävarmuutta.

Taulukko 2. Arviointi rajautuu rakennusosien suhteen rakennukseen, rakennuspaikkaan ja osiin tai materiaaleihin, jotka eivät sisälly arviointiin (Ympäristöministeriö, 2022, s. 11–12).

	Sisältyy arviointiin		Ei sisälly arviointiin
	Rakennus	Rakennuspaikka	
Alueosat	–	<ul style="list-style-type: none"> - Maaosat - Tuennat - Päällysteet - Alueen rakenteet - Istutettavat puut 	<ul style="list-style-type: none"> - Raivaukset, kaivannot ja kanaalit - Alueen varusteet - Tuotteiden pakkaukset - Uuden rakennuksen tieltä purettavat rakenteet tai rakennukset - Muu kasvillisuus, maaperä ja vesistö
Rakennusosat	<ul style="list-style-type: none"> - Alapohjat - Runko - Julkisivut, ovet ja ikkunat - Ulkotasot ja parvekkeet - Kattorakenteet 	- Perustukset	<ul style="list-style-type: none"> - Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet - Savunpoistorakenteet - Tuotteiden pakkaukset
Tilaosat	<ul style="list-style-type: none"> - Jako-osat (väliseinät, ovet, portaat) - Tilapinnat (lattiat, sisäkatot, seinät) pintakäsittelyineen - Tilavarusteet (kiintokalusteet, keittiölaitteet) - Hormit ja tulisijat - Tilaelementit (mm. kylpyhuonemoduulit) 		<ul style="list-style-type: none"> - Listat ja kulmavahvikkeet - Kaiteet - Tilaopasteet - Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet - Tuotteiden pakkaukset
Talotekniikka	<ul style="list-style-type: none"> - Lämmitysjärjestelmän pääosat - Vesi- ja viemärijärjestelmän pääosat - Ilmastointijärjestelmän pääosat - Jäähdytysjärjestelmän pääosat - Sprinklerijärjestelmän pääosat - Sähköjärjestelmän pääosat - Hissit ja liukuportaat 	Rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat talotekniikan osat, jotka eivät palvele rakennusta vaan rakennuspaikkaa (esim. aluevalaistus tai ulkokatosten sähköjärjestelmä)	<ul style="list-style-type: none"> - Tietotekniset järjestelmät - Taloautomaation järjestelmät - Varavirtajärjestelmät - Erilliset koneet ja laitteet - Tuotteiden ja laitteiden pakkaukset

3.2.1 Elinkaariarvioinnin kulku

Rakennushankkeelle on luotava arvioinnin tavoitteet ja rajaukset, jotta arvioita laativa tahoo tietää, minkälaista tietoa arviosta on tarkoitus kerätä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 74).

Arviointi voi perustua YM:n arviointimenetelmään. Se voi perustua myös johonkin muuhun menetelmään, esimerkiksi ympäristösertifikaatin vaatimukseen. Tiettyä ympäristösertifikaatin tasoa haviteltaessa voi hanke olla lisäksi jollain muullakin tavalla kuin lakisääteisesti rajattu.

Tässä kappaleessa ja raportissa käsitellään pääosin YM:n 30.9.2022 laatimaa arviointimenetelmän luonnosta. Tietoja on voitu hakea arviointimenetelmän esittämisen tueksi myös muista lähteistä, jos tietoa ei suoraan ole vuoden 2022 arviointimenetelmän luonnoksessa, ilmastaselvityksen perustelumuiustiossa tai materiaaliselosteen luonnoksessa mainittu. Kuvio 2. auttaa hahmottamaan ilmastaselvityksen, materiaaliselosteen ja elinkaariarviointimenetelmän suhdetta toisiinsa. Kuviossa 6. on esitetty elinkaariarvioinnin kulku.

Arvioinnin kohteelle asetetaan elinkaaren ajanjakso. Elinkaari uusille rakennuksille on enintään 50 vuotta (Ympäristöministeriö 2022, s. 2). Mikäli rakennus on tilapäinen, valitaan sen todellinen käyttöajan pituus elinkaaren pituudeksi.

Hiilijalanjälki arvioidaan laskemalla kaikki rakennushankkeen elinkaareen vaikuttavat hiilidioksidiekvivalentit (kgCo_{2e}) päästöt yhteen (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 76–77). Arviointi voidaan myös toteuttaa erillistä arviointiohjelmaa hyödyntäen tehtävän laskentatyön vähentämiseksi. Erillisistä arviointiohjelmista saattaa löytyä myös valmiita kansallisia päästötietokantoja.

Hiilikädenjälki saadaan laskemalla kaikki hankkeen rakentamisesta syntyvät positiiviset ilmastovaikutukset, joita ilman sitä ei syntyisi (Ympäristöministeriö 2022, s. 26, 7). Arviointi sen osalta voidaan suorittaa ainoastaan toimenpidealueelta.

Vaikutusten arviointi aloitetaan suorittamalla rakennuskohteelle sen sisällön määrien arviointi rakennusosien ja palvelujen osalta (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 81). Määrätietojen keräämisessä voidaan hyödyntää mm. rakennushankkeen perinteisiä suunnitelmia, suunnitteluohjelmia, tietomallia tai hankkeelle mahdollisesti toteutetun kustannuslaskennan määräluetteloa.

Saadut määrät kerrotaan tuotetta tai palvelua vastaavalla hiilidioksidiekvivalentin arvolla, jotta saadaan määrää vastaava hiilijalanjälki (Ympäristöministeriö 2022, s. 5, 19). Tuotteiden ja

palvelujen ympäristövaikutukset voidaan selvittää valmistajan ympäristöselosteesta tai avoimesta kansallisesta päästötietokannasta. Kotimainen päästötietokanta löytyy verkko-osoitteesta co2data.fi

Jos hankkeen suunnittelu on vielä varhaisessa vaiheessa, voidaan materiaalityypeille ominainen tieto hakea kansallisesta tietokannasta (Savolainen, 2023, s. 76). Päästötietokannassa materiaali päästöjen arvoille on esitetty ns. konservatiivisuuskerroin, kun tuotteen valmistajasta tai tarkasta tuotetyypistä ei ole varmuutta (Ympäristöministeriö 2021, s. 19).

Rakennusmateriaalien kuljetus arvioidaan valmistajalta työmaalle kuljetettuna (Häkkinen, 2021, s. 1–2). Kuljetustapoja vastaavat päästökertoimet löytyvät kansallisesta tietokannasta. Mikäli kuljetusetäisyyttä ei ole tiedossa, voidaan siinä käyttää keskimääräistä kuljetusetäisyyttä Suomen sisällä.

Työmaatoimintojen energiankäyttöön liittyvän hiilijalanjäljen vaikutukset voidaan arvioida rakennustyypeittäin pinta-alaperusteisen kansallisen tietokannan tiedon perusteella hankkeen alkuvaiheessa, kun ei olla vielä varmoja hankkeen rakennustyötoiminnassa syntyvistä päästöistä (Häkkinen, 2021b, s. 8–9).

Rakennuksen materiaalien vaihdot huomioidaan teknisen käyttöiän perusteella hyödyntäen kansallista päästötietokannassa esitettyjä teknisiä käyttöikä tai muita yleisesti hyväksytyjä tiedonlähteitä (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 79–80).

Rakennuksen käytönaikainen energia voidaan tarkistaa energiatodistuksesta ostoenergian kohdalta (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 80–81). Energiatodistuksen energiamuotokertoimia ei huomioida. Mikäli hankkeelle ei ole vielä laadittu energiatodistusta, voidaan ostoenergia laskea samalla tavalla kuin se laskettaisiin energiatodistukseen tai -selvitykseen.

Rakennuksen purkaminen ja loppusijoittelu voidaan arvioida materiaalivalmistajien ympäristöselosteista saatavan tiedon perusteella (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 80). Kansallinen tietokanta sisältää myös vakiodut olettamuksien mukaan laaditut päästötiedot materiaalien käsittelylle, uudelleenkäytölle ja hävitykselle, mutta nämä mielletään epätarkoiksi.

Laskennan tulokset tulisi tarkistaa. Tarkistus toteutetaan materiaalmäärien ja valittujen päästötietojen osalta (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 80). Tarkistus tulisi toteuttaa suurimmasta päästötiedosta pienimpään osatekijään. Myös materiaalien vaihtovälit on syytä tarkistaa.

Arviointiin liittyvien elinkaaren vaiheita tarkentavat moduulit on esitetty luvussa 3.3.



Kuvio 6. Elinkaariarvioinnin kulku (Ympäristöministeriö, 2019, s. 17).

3.2.2 Elinkaariarvioinnin raportointi

Elinkaariarviosta on syytä laatia raportti laskelmien selventämiseksi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 82). Raportointi on riippuvainen valitusta arviointimenetelmästä, mutta pääsääntöisesti tulokset esitetään mahdollisimman avoimesti. On tärkeää kuvata ne kohdat arvioinnista, joihin sisältyy olettamuksia, epävarmuutta tai arvioinnin ulkopuolelle jäävät asiat.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisen arvioinnin tulokset olisi esitettävä ryhmiteltynä moduuleihin elinkaaren vaiheiden mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2022, s. 36). Tulokset jaotellaan rakennuspaikan ja rakennuksen hiilijalan- ja hiilikädenjäljen osalta rakennuksen päävaiheiden mukaisesti rakennuksen elinkaaren ja lämpimään pinta-alaan. Tulokset voidaan jakaa myös johonkin muuhun vertailuyksikköön, kuten hoitopaikkaan tai työpisteisiin

suhteutettuna. Raportin tulisi sisältää myös hankkeen hiilijalanjäljen kokonaissumman koko elinkaaren ajalta.

Mikäli rakennuksessa olisi useampaa käyttötarkoitusta palvelevia tiloja tai muita materiaaleja, tulisi nämä jakaa ja esittää eri käyttötarkoituksessa olevien tilojen nettoalan mukaisesti suhteutettuna (Ympäristöministeriö, 2022, s. 37–38).

Lämmitettyyn pinta-alaan suhteutettu hiilijalan tai hiilikäden arvo parantaa rakennuksen vertailukelpoisuutta keskenään samantyyppisten rakennusten kanssa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 36). Jatkossa tämä auttaisi myös rakennuksen vähähiilisyyden raja-arvon ohjausta ja sen vertaamista esitettyyn hankkeeseen.

3.3 Arvioitavat moduulit

Moduulit kuvaavat hiilijalanjäljen syntymistä kyseisessä rakennuksen elinkaaren vaiheessa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 7). Moduulien tarkoitus on jakaa elinkaaren vaiheet lyhyempiin helpommin hallittaviin ja havainnollistettavimpiin osiin. Moduuli A liittyy tuotteiden ja rakennuksen valmistukseen. Moduuli B liittyy rakennuksen käytönaikaisiin hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin ja moduuli C elinkaaren loppuvaiheen hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin. Moduulissa D voidaan kuvata ilmastohyötyjä, joita ei ilman kyseistä rakennushanketta syntyisi. Tätä voidaan myös kuvata hiilikädenjälkenä. Moduulit on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Elinkaarenvaiheiden moduulit (Bionova, 2017, s. 13).

A1-3	A4-5	B		C
TUOTEVAIHE	RAKENTAMINEN	KÄYTTÖVAIHE		PURKUVAIHE
A1 Raaka-aineen hankinta	A4 Kuljetus työmaalle	B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa	B5 Laajamittaiset korjaukset	C1 Purkaminen
A2 Kuljetus valmistukseen	A5 Työmaa- toiminnot	B2 Kunnossapito	B6 Energian käyttö	C2 Kuljetukset
A3 Tuotteen valmistus		B3 Korjaus	B7 Veden käyttö	C3 Purkujätteen käsittely
		B4 Osien vaihto		C4 Purkujätteen loppusijoitus
D - LISÄTIEDOT				
Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat				

Ympäristöministeriön arviointimenetelmässä arvioitavat moduulit ovat A1-A3 materiaalien valmistus, A4 kuljetukset, A5 työmaatoiminnot, B4 rakennustuotteiden vaihdot, B6 energian käyttö, C1 purkutyöt, C2 kuljetukset käsittelyyn, C3 jätteen käsittely, C4 loppusijoitus sekä moduuli D elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset, joiden käyttö liitetään ilmastohyötyjen arviointiin (Ympäristöministeriö, 2022, s. 7–8).

Arvioinnin ulkopuolelle jätettävät moduulit ovat B1 tuotteiden käyttö, B2 kunnossapito, B3 korjaukset, B5 laajamittaiset korjaukset, B7 vedenkäyttö ja B8 käyttäjien toimet (Ympäristöministeriö, 2022, s. 7–8). Arvioinnin supistaminen ja näiden moduulien pois jättämiseen syy on yleisimmin arvioinnin hankaluus näiden moduulien osalta, tai moduulien vähäinen merkitys rakennuksen hiilijalanjälkeen. Esimerkiksi B7 veden käyttö, jonka lämmitys on huomioitu jo moduulissa B6 energian käyttö.

3.3.1 Materiaalin valmistus A1-A3

Materiaalin valmistus käsittää kaikki merkittävät materiaalit, joita rakennuksen tekemisessä käytetään (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 52). Kansainvälisesti ISO 14040 käsittelee tuotteen hiilijalanjäljen standardisoitua arviointia. Arviointiin liittyvät rakennusosat löytyvät tämän raportin taulukosta 2. Erikseen nimetyt arvioinnista pois jätettäviä materiaaleja ovat mm. pakkausmateriaalit, naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet ja saumat (Ympäristöministeriö, 2022, s. 7–8). Materiaaliselossa esitetään, kuinka tarkasti rakennusosien materiaalit tulisi arvioida ilmastaselvitykseen sisältyvässä rakennuksen elinkaariarviossa (Ympäristöministeriö 2022b, s. 8–9).

Moduulin osa A1 sisältää tuotteeseen käytettävän raaka-aineen hankintaan liittyviä päästöjä, esim. puiden kaato metsästä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 16). Raaka-aine voi myös olla kierrätettyä (Rakennuslehti, 2020). Tällöin siitä aiheutuva hiilijalanjälki on merkittävästi neutseellista raaka-ainetta pienempi. A2 sisältää materiaalin kuljetuksen hankintapaikalta jalostuspaikalle (Ympäristöministeriö, 2022, s. 16). Kuljetukset voivat tapahtua erityyppisillä kuljetusvälineillä ja eri etäisyyksillä. A3 sisältää itse tuotteen valmistuksen raaka-aineesta jalostamalla, kun se on ensin kuljetettu jalostuspisteeseen.

Suurimmat päästöt tässä vaiheessa aiheutuvat korkeita lämpötiloja vaativista valmistusprosesseista tai ympäristölle erittäin haitallisten fossiilisten polttoaineiden käytöstä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 40–41, 45). Vähäisimmät päästöt raaka-aineen jalostamisessa ovat tuotteilla, jotka ovat kierrätettyjä, valmiita tai lähes valmiita tuotteita, kuten luonnosta saatavat puutuotteet (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 41). Itse tuotteiden valmistus on siihen liittyvistä päästöistä tyypillisesti suurin. Kuljetus, asennus, huolto ja purkaminen jäävät yleensä varsin vähäpäästöisiksi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 58).

3.3.2 Kuljetukset A4

Moduuli A4 kattaa kuljetukset, joiden avulla materiaali toimitetaan sen valmistajalta työmaalle (Ympäristöministeriö, 2022, s. 23). Materiaalin toimitus voi pitää sisällään erityyppisten kulku-
neuvojen yhdistelmiä, joissa kuljetusmatka, käytettävä kuljetusmuoto, sekä kuljetettavan kuorman vaikutukset kerrotaan yhteen edestakaisella matkalla. Materiaalitoimituksissa kuljetuksia arvioidaan 80 % täyttöasteella kuljetuskaluston kapasiteetista menomatkalla, ja paluu-

matkalla täyttöasteeksi arvioidaan 0 % (Häkkinen, 2021, s. 2). Maanrakennusaineiden kohdalla meno- ja paluumatkan täyttöaste on 100 %. Keskiverto kuljetusmatka rakennustarvikkeiden osalta Manner-Suomessa on 102 km.

Kuljetusmuodoista on kansallisessa tietokannassa raportti Transportation of building products (A4), josta löytyy eri kuljetusmuotojen päästökertoimia (Häkkinen, 2021, s. 1–2). Haitallisimmat kuljetusmuodot liittyvät ulkomailta tuotaviin tuotteisiin, kuten laiva- tai lentorahdit. Pienimmät hiilidioksidiekvivalenttipäästöt ovat kotimaan rajojen sisällä maateitse kuljetetuilla materiaaleilla.

3.3.3 Työmaatoiminnot A5

Työmaatoiminnot sisältävät kaikki materiaalin asennuksista aiheutuvat energian käyttöön liittyvät hiilidioksidiekvivalenttipäästöt, kuten polttoaineiden, sähkön, kaukolämmön ja jätteen poiskuljetuksen työmaalta (Ympäristöministeriö, 2022, s. 23–24).

A5-moduuliin katsotaan kuuluvan myös työmaalla syntyvä hävikki, joka on rinnastettava työvaihekohtaiseen materiaalihukkaan (Ympäristöministeriö, 2022, s. 23–24). Hävikistä syntyvä jäte tai uudelleen muualla käytettävä materiaali joudutaan kuljettamaan pois työmaalta, mikä lisää polttoaineen kulumisesta johtuvaa hiilijalanjälkeä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 23). Työmaalle toimitettava materiaali, mukaan lukien hävikki, on huomioitu kuljetuksissa A4.

Rakennuksen työmaatoiminnoissa työmaalle ajettavaa kalustoa ei huomioida. Kalustosta huomioidaan vain sen työmaalla aiheuttama hiilijalanjälki (Ympäristöministeriö, 2022, s. 24).

3.3.4 Osien vaihto B4

Osien vaihto B4 sisältää rakennuksen elinkaaren aikana tehtävät vaihdot tai korjaukset (Ympäristöministeriö, 2022, s. 19). Osien vaihto lasketaan osan teknisen käyttöiän ja rakennuksen käyttöiän suhteena. Esimerkiksi talotekniikan osa, jonka tekninen käyttöikä on 20 vuotta, joudutaan vaihtamaan 50-vuotiaaksi suunnitellussa rakennuksessa kaksi kertaa alkuperäisen asennuksen jälkeen. Osittaisia vaihtoja ei huomioida, vaan ainoastaan ns. täydet kerrat.

Osien vaihtojen B4 osalta olisi huomioitava materiaalin koko elinkaari, niin kuin se vaihdettaisiin uuteen vastaavaan tuotteeseen (Ympäristöministeriö, 2022, s. 16). Ilmoitettavat moduulit

vaihdeettavan materiaalin osalta ovat materiaalin valmistus A1-A3, kuljetus A4, työmaatoiminnot A5, C1-C4 purku, jätteenkäsittely ja loppusijoitus.

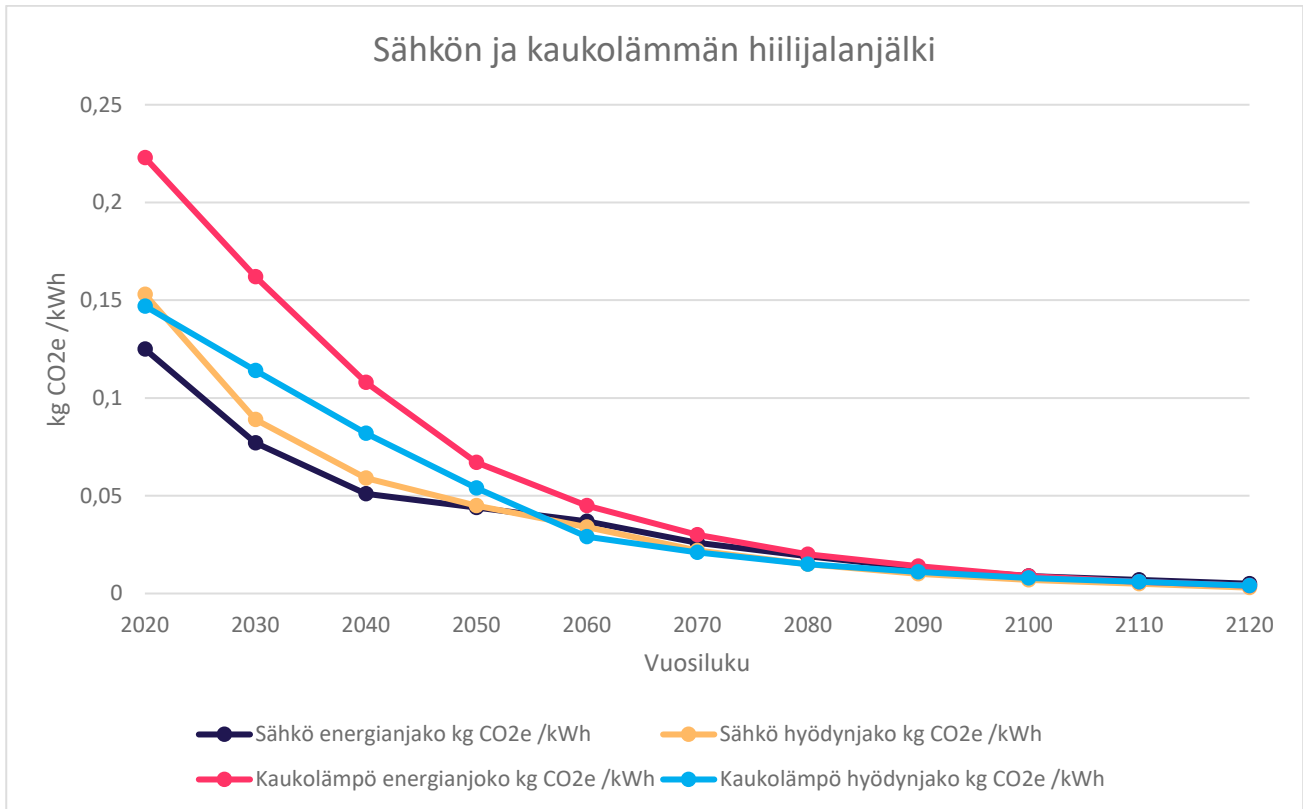
Kansallinen tietokanta Co2data.fi esittää yleisimmille rakennusosille ja tekniikalle vaihtovälit (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s.79–80). Materiaalien teknistä käyttöikää voidaan myös tulkita yleisesti hyväksytystä RT-kortista RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset (Rakennustieto, 2008, s. 1). Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukainen teknisen käyttöiän tulkinta materiaaleille edellyttäisi valmistajaltaan ISO-standardiin ISO 15686 perustuvaa arviointia, jolloin tuotteelle toteutettaisiin laboratorio- tai käytännön kokeita (Ympäristöministeriö, 2022, s. 19).

3.3.5 Energian käyttö B6

Energian käyttö käsittää rakennuksen elinkaaren käyttövaiheessa ostettua energiaa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 24). Energia voi koostua useista eri lähteistä. Niiden hiilijalanjälki lasketaan ilmoitetun ostoenergian summana. Energian laskenta ei perustu nykyhetkeen, vaan tilastoituihin skenaarioihin energiapäästövähennyksenä tuleville vuosille (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25).

Käytetty energiatieto voidaan kerätä rakennusluvan saamisen ehtona olevasta rakennuksen energiaselvityksestä tai -todistuksesta (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25). Erilaisille energiatyypeille on omat päästökertoimet, johtuen niiden valmistustavasta ja siirtomenetelmästä.

Suomessa valmistetun energian päästöt on arvioitu vuosien 2020 ja 2050 väliselle ajanjaksolle (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25). Perustana toimii poliittisten päätösten vaikutukset energian hiilijalanjälkeen. Esimerkiksi kivihiilen kieltäminen energiankäyttöön 2029 vaikuttaa sen jälkeiseen ajanjaksoon positiivisesti päästövähennyksenä. Vuosien 2050 ja 2120 väliselle ajanjaksolle päästökertoimet on ekstrapoloitu vuosien 2020 ja 2050 välisten tietojen perusteella (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25). Kansallisesta tietokannasta löytyy raportti, jossa Sampo Soimakallio on esittänyt sähkön ja kaukolämmön päästöjen ekstrapoloinnin raportissa Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings (Soimakallio, 2020, s. 1). Raportin tietojen perusteella on laadittu taulukko 4 ja kuvio 7, joissa on esitetty hyödyn- ja energiajakomenetelmän hiilidioksidiekvivalenttipäästöt sähkön ja kaukolämmön osalta vuosien 2020 ja 2120 välillä (Soimakallio, 2020, s. 1).



Kuvio 7. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilijalanjälki energianjako- ja hyödynjakomenetelmällä kuvattuna aikavälillä 2020 ja 2120 (Soimakallio, 2020, s. 1).

Hyödynjakomenetelmä perustuu tuotantoon, jossa päästöt sähkölle ja lämmölle jaetaan erillissuhteiden hyötysuhteen mukaan (Pasanen ym., 2013 s. 3, 23). Molemmille lasketaan etua yhteistuotannosta saavutetusta korkeammasta hyötysuhteesta. Yhteistuotannolla tuotetut sähkö ja lämpöenergia tulisi jyvittää hyödynjakomenetelmän mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25).

Taulukko 4. Taulukoituna Kuvion 7. arvot sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilijalanjäljestä (Soimakallio, 2020, s. 1).

Vuosiluku	Sähkö energianjako kg CO ₂ e /kWh	Sähkö hyödynjako kg CO ₂ e /kWh	Kaukolämpö energianjako kg CO ₂ e /kWh	Kaukolämpö hyödynjako kg CO ₂ e /kWh
2020	0,125	0,153	0,223	0,147
2030	0,077	0,089	0,162	0,114
2040	0,051	0,059	0,108	0,082
2050	0,044	0,045	0,067	0,054
2060	0,037	0,034	0,045	0,029
2070	0,026	0,022	0,03	0,021
2080	0,019	0,015	0,02	0,015
2090	0,013	0,01	0,014	0,011
2100	0,009	0,007	0,009	0,008
2110	0,007	0,005	0,006	0,006
2120	0,005	0,003	0,004	0,004

3.3.6 Purkaminen, jätteen kuljetus, jätteen käsittely ja jätteen loppusijoitus C1-C4

Purkuvaihe käsittää rakennuksen materiaalien käsittelyn sen elinkaaren päättyessä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 22). Tämä siis sisältää purkutyöt C1, kuljetukset käsittelyyn C2, jätteen käsittelyn C3 ja loppusijoituksen C4. Jätteen loppusijoittelulla tarkoitetaan sen sijoittamista kaatopaikalle ilman sen polttoa.

Mikäli rakennuksesta purettava jäte voidaan uudelleen käyttää, se voidaan laskea saavutettavan hyödyn osalta ilmastohyödyksi moduuliin D myös silloin, mikäli vain osaa materiaalista voidaan uudelleen käyttää (Ympäristöministeriö, 2022, s. 22). Mikäli jäte ei sovellu kierrätettäväksi, voidaan se mahdollisesti polttaa ja laskea saatu energia ilmastohyödyksi.

3.3.7 Ilmastohyödyt D1-D6

Moduuli D käsittelee hiilikädenjälkeä eli positiivia ilmastovaikutuksia, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Näitä ovat:

-Siirtokelpoisten materiaalien uudelleen käyttö D1,

-Materiaali voidaan hävittää polttamalla yli 65 % hyötysuhteella D2.

-Rakennuksessa itsessään tai rakennuspaikalla valmistettava ylimääräinen uusiutuva energia D3.

-Rakennustuotteisiin varastoitunut pitkäaikainen eloperäinen hiili esim. puutuotteisiin tai muu tekninen hiilivarasto D4.

-Sementin kautta ajan myötä ilmakehästä poistettu hiilidioksidi eli karbonatisoituminen D5.

-Asemakaava-alueelle istutetut puut D6.

Rakentamisen vähähiilisyyden arviointia käsittelevässä puitestandardissa EN15643 on määritelmä, ettei rakennushankkeen ulkopuolelle jäävää hiilikädenjälkeä saa vähentää rakennuksen ympäristövaikutuksesta eli hiilijalanjäljestä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 26–27).

4 Elinkaariarviointi kiinteistökehitysyhtiössä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda yritykselle mahdollisimman yksinkertainen, nopea ja kustannustehokas keino arvioida pienien ja suurien rakennushankkeiden elinkaaren aikana syntyvät hiilidioksidiekvivalenttivaikutukset.

Tässä kappaleessa on tarkoitus kuvata yrityksen elinkaariarviointiprosessia ja siihen käytettäviä resursseja. Prosessikuvauksen tarkoituksena on luoda käsitys arvioinnin vaatimuksista ja laatia kuvaus arvioinnin kulusta yrityksen työntekijöille, jotka pyrkivät vaikuttamaan vähähiiliseen suunnitteluun ja rakentamiseen.

4.1 Elinkaariarviointiohjelma

Yrityksellä käytössä ei tätä opinnäytetyötä edeltävällä ajanhetkellä ollut elinkaariarviointiin liittyviä ohjelmistoja. Aikaisemmin yrityksessä oli kuitenkin kokeiltu eri tahojen toimesta Bionovan OneClickLCA-ohjelmaa. Yritys Bionova on sittemmin muuttanut nimensä OneClickLCA:ksi. Ohjelmisto lienee markkinoilla olevista ohjelmista yleisin rakennusalan arviointeja tehtäessä, vaikkakin ohjelmistosta löytyy myös muiden tuotteiden ja palvelujen hiilijalanjäljen arviointiin liittyviä työkaluja (Oneclicklca, 2024). Yrityksen käytössä oli aikaisemmin ollut testikäytössä ohjelman kokeiluun tarkoitettu ilmaisversio.

Oleellisin kriteeri ohjelmistolle oli sen helppokäyttöisyys, arviointinopeus ja ohjelmasta saatavien tulosteiden selkeys. OneclickLCA-ohjelmiston osalta valinta tuntui luontevalta ja ohjelma päätettiin ottaa käyttöön ilman muiden vastaavien ohjelmien kokeilemistä. Markkinoilta löytyy myös useita muita ohjelmistovaihtoehtoja arvioinnin suorittamista varten.

Arviointia voitaisiin myös toteuttaa Excel-pohjaisesti, mutta tämä vaatisi mittavan määrän työtä varsinaisen laskentapohjan laatimisessa. Omien laskentasääntöjen laatimisessa on myös aina virheen mahdollisuus, kun tuloksen todenperäisyys on hankalasti todennettavissa.

OneClickLCA-ohjelmisto toimii suomen kielellä selainpohjaisena pilvipalveluna ja sen käyttöliittymä on hyvin yksinkertainen ja luonteva. Ohjelma esittää kysymyksiä arviointikriteerejä täytettäessä ja opastaa samanaikaisesti täytettävien sarakkeiden sisällöstä. Ohjelmistossa on myös kattava määrä eri arviointimenetelmiä ympäristöluokituksille Ympäristöministeriön arviointimenetelmän lisäksi.

Ohjelmasta tilattiin ns. Expert-versio, joka mahdollistaa hankkeen tietojen syötön Carbon Designer 3D-työkalulla ohjelmaan ilman, että suunnitelmia on lainkaan laadittu, kunhan hankkeen koko ja karkea muoto on selvillä (Oneclicklca, 2023). Tällöin ohjelma myös visualisoi arvioitavaa rakennusta sivuikkunaan kolmiulotteisesti hahmottamisen helpottamiseksi. Tämä mahdollistaa myös eri rakenne- ja energiaratkaisujen vertailun hankkeen sisällä jo sen hankesuunnitteluvaiheessa. On kuitenkin huomioitava, että arviointi ei vastaa samaa tarkkuuden tasoa kuin suunnitelmista arvioitu valmis hanke eli tulos on näin ollen vain suuntaa antava (Oneclicklca, i.a).

OneclickLCA:sta löytyy Suomessa käytettävien ympäristötietokantojen lisäksi muiden maiden valtakunnallisia tietokantoja. Tietokantojen kattavuus auttaa käyttäjää löytämään arviointiin soveltuvia ja vähähiilisiä tuotteita ja palveluja. Kansallisten tietokantojen päivittyessä myös OneClickLCA tietokanta päivittyy vastaamaan näiden sisältöä. Tämä antaa merkittävän edun ohjelmiston käytölle, kun arvioijan ei tarvitse itse muuttaa vaihtuvia tietoja jo arvioituihin hankkeisiin. Jos tieto löytyy joltain valmistajalta esimerkiksi tämän www-sivuilta, niin löytyy se myös todennäköisesti OneClickLCA:sta (Oneclicklca, i.a).

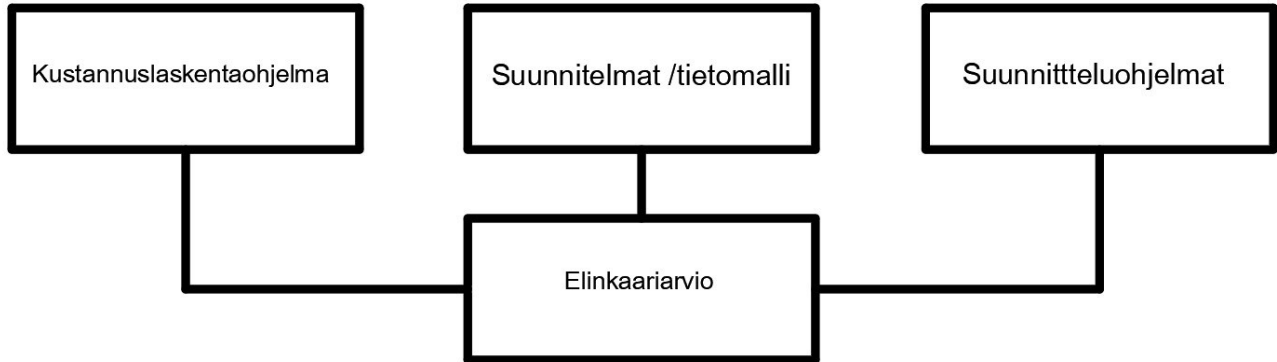
4.2 Tietojen kerääminen elinkaariarviointia varten

Tyypilliset tiedonlähteet yrityksen hankkeissa varsinaista elinkaariarviointia varten ovat tietomallit, hankkeen asiakirjat, tekniset dokumentit ja kustannuslaskentaohjelmiston määräluettelot. Ideaalitulanteessa tietomallista saataisiin mahdollisimman paljon luotettavaa tietoa hankkeen tuotesisällöstä, sen laadusta ja määristä. Ympäristöministeriön kuvaus tiedonkeruusta elinkaariarvioinnissa on esitetty kuviossa 8.

Pelkistä perinteisistä paperisista tai pdf-tiedostona olevista suunnitelmista tehty arvio voi viedä paljon aikaa. Tiettyjen rakennusosien, kuten väliseinien tai taloteknisten osien laskenta on työlästä ja altis virheille. Kun hanke arvioidaan perinteisesti suunnitelmien perusteella voi talotekniikan arvioinnin osuus olla ajallisesti jopa yli puolet arviointiin käytetystä ajasta. Tietomallin tarkkuus näytteleekin tästä syystä suurta osaa helpottaessaan arvioinnin työtaakkaa automatisoimalla prosessia.

Joistakin yrityksen hankkeista löytyi jo valmiiksi kustannuslaskelma, josta saatiin tulostettua suoraan materiaalien määräluetteloita. Muussa tapauksessa materiaalien määrät laskettiin ja

syötettiin kustannuslaskentaohjelmistoon ennen elinkaarilaskentaohjelmistoa tiedonsiirron yhtenäistämiseksi.



Kuvio 8. Ympäristöministeriön esittämät tiedonlähteet elinkaariarviolle (Ympäristöministeriö, 2022, s. 18).

4.2.1 Tietomallin hyödyntäminen elinkaariarvioinnissa

Tietomallin puutteet arvioitavissa hankkeissa olivat tyypillisesti mallin keskeneräisyys tai vaihtoehtoisesti puutteet tietomallin suunnittelusisällön vaatimustasossa. Yrityksen vanhemmissa hankkeissa vaatimuksia tietomallin tietosisällöstä ei ole tyypillisesti suunnattu elinkaariarviointiin tai määrälaskentaan, vaan enemmänkin hankkeiden visuaaliseen havainnointiin ja törmäystarkasteluihin. Tietomalleista löytyvät väärin nimetyt objektit tai puuttuvat tiedot heikentävät sen luotettavuutta ja käytettävyyttä hankkeen elinkaariarvioinnissa (Savolainen ym., 2023, s.10–11). Tietomallista saatavan tiedon määrää ja laatua voidaan kuitenkin parantaa tulevissa hankkeissa, kunhan tietomallia suunnittelevat tahot huomioivat mallin käyttöön liittyvät tarpeet ja ymmärtävät laajuuteen ja tietoon liittyvät vaatimukset. Tämä tulee huomioida laadittaessa suunnittelun hankinta-asiakirjoja.

Suurimmat edut tietomallin hyödyntämisessä arvioinnissa ilmenevät monikulmaisten, aukotettujen ja vaikeasti tulkittavien muotojen tilavuuden tai pinta-alan mittaamisessa. Esimerkiksi väliseinien määrälaskennassa saadaan merkittävää ajallista etua, varsinkin jos väliseinätyyppejä on hankkeessa useampia. Tietomallista saatava tietokin on yleensä väliseinien osalta sellaisessa muodossa, että se on helposti siirrettävissä kustannuslaskenta- tai elinkaariarviointiohjelmistoon.

Tietomallista tieto voidaan siirtää myös Excel-taulukoihin automatisoidusti. Automaattiset taulukot nopeuttavat merkittävästi myös tiedon siirtoa tilanteessa, jossa suunnitelmiin on tehty

muutoksia. Taulukosta voidaan helposti poimia muuttuneet rakenteet ja niiden määrät, kun vertailun kohteena on edellisen version suunnitelmien rakennusosien määrät.

4.2.2 Kustannuslaskentaohjelmiston määräluettelo

Mikäli hankkeesta selvitetään myös sen kustannuksia samassa yhteydessä, aikaisemmin tai tulevaisuudessa voi olla hyödyllistä, että hankkeen rakentamisessa käytettävien materiaalien määrät siirretään ensin kustannuslaskentaohjelmistoon ja sen jälkeen kustannuslaskentaohjelmistosta saatavalla määräluettelolla elinkaariarviointiohjelmistoon hankkeen ilmastovaikutusten selvittämiseksi (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 76–77).

Yleisimmistä kustannuslaskentaohjelmistoista voidaan tulostaa ns. määräluettelo, joka sisältää hankkeessa käytettyjen materiaalien luettelon, niiden määrät ja muuta mahdollista tietoa materiaaleista. Suunnitelmista kerättävän tiedon jatkojalostamisen kannalta saattaa olla myös hyödyllistä käyttää kustannuslaskentaohjelmistoa ikään kuin väliportaana, koska elinkaariarviointiohjelmistoon syötettävät yksiköt saattavat olla sellaisessa muodossa, jotta niiden syöttäminen suoraan arviointiin ei onnistu. Esimerkiksi lattian betonin määrä voidaan syöttää kustannuslaskentaohjelmistoon pinta-alan mukaan. Lattiarakenteelle määritetään korkeus, jonka jälkeen kustannuslaskentaohjelmisto muuttaa betonin määrän määräluetteloon kuutiometreinä, jonka jälkeen tieto on siirrettävissä suoraan elinkaariarviointiohjelmistoon.

Tiedon ilmoitusmuodolla on suuri merkitys määräluettelon osalta. Tiedon jatkojalostaminen on työlästä, jos kaikki kerätty tieto joudutaan muuttamaan johonkin muuhun yksikköön, jotta se voidaan syöttää elinkaariarviointiohjelmistoon. Tietynlaisille rakennustuotteille ei OneClickLCA:ssa ole yksikkömuunnoksia, ja tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä suoraan suunnitelmista luetuille määrille. Esimerkiksi PVP-elementit on esitetty OneClickLCA-ohjelmistossa ainoastaan kuutiometreinä, mutta suunnitelmista ja kustannuslaskentaohjelmistosta tieto on saatavilla neliömetreinä.

Hankekehityksen kustannuslaskentaa voidaan myös suorittaa suurpiirteisesti suunnitelmien bruttomäärillä, esimerkiksi suunnitelmista luettava ulkoseinämäärä ei sisällä aukkoja lainkaan. Aukkojen tekeminen on työlästä ja kallista, joten varaus aukon hinnoittelulle voi olla perusteltua ja sisältyä bruttomäärään kustannuslaskennan helpottamiseksi. Tällöin kustannuslaskentaohjelmistosta saatava määrä ei vastaa todellista rakennettavaa määrää, jota elinkaarialaskenta vaatisi.

Tarkkojen määrien saannissa ongelmaksi voi muodostua myös kustannuslaskentaohjelmiston panostasolle lisäämä hukka. Materiaalihukka tai -hävikki on oleellinen osa rakennustointia, eikä siltä voida kokonaan välttyä. Tieto voi olla joko yrityksen itse keräämää tietoa aikaisempien hankkeiden perusteella tai yleisesti käytettyä tietoa. Mikäli määräluettelon sisällä siirtyy myös hukka tai hävikkimäärä elinkaariarviointiohjelmaan, saattaa se vääristää tietoja todellista suurempaan suuntaan. On tärkeää, että tunnistetaan, minkälaista tietoa voidaan viedä eteenpäin ohjelmien välillä päällekkäisen tai turhan työn välttämiseksi.

OneClickLCA-ohjelmistossa on erillinen rivi materiaalihukalle, jossa käyttäjä voi itse määrittää kullekin materiaalille hukkaprosentin. Hukan määrittämiselle ei ole Ympäristöministeriön ohjeistuksessa mitään erillistä ohjetta tai sääntöä. Hyvänä tapana voitaisiin kuitenkin pitää työmaalla tehtävien asennustöiden hukkaprosenttina elinkaariarviointiohjelmiston tarjoamia vakioarvoja tai rakennusalalla yleisesti hyväksyttävää tietoa.

Yrityksellä on käytössään TCM-kustannuslaskentaohjelmisto, josta voidaan tulostaa erillinen määräluettelo. Määrät luetteloon tulostuvat pääosin sellaisessa muodossa, missä ne voidaan suoraan syöttää OneClickLCA-ohjelmistoon. Hankkeen osia voidaan myös kustannuslaskennan yhteydessä jakaa eri alakohteisiin, esimerkiksi rakennuspaikan ja rakennuksen suhteen. Tämä jouduttaa merkittävästi elinkaariarviointiprosessia, kun tietoa voidaan jakaa arvioinnin osalta merkittäviin kategorioihin. Tällöin suodatusta ei tarvitse tehdä itse koko hankkeen määräluettelosta, vaan voidaan tulostaa rakennukselle ja rakennuspaikalle kullekin oma määräluettelonsa.

Määrät voidaan tulostaa Excel- tai pdf-tiedostoksi. Excel-tiedoston etuna voisi olla automaattinen suodatustoiminto esimerkiksi haku- ja jos-funktioilla. Tieto voitaisiin suoraan suodattaa niihin pääryhmiin, joita elinkaariarviointi edellyttäisi arvioitavaksi.

Kustannuslaskentaohjelmiston määräluettelossa on myös paljon sellaista tietoa, jota ei elinkaariarvioinnissa tarvita, esimerkiksi työmaatoimintaan liittyviä toimintoja, kuten taukotiloja ja työtunteja.

Tulostettaessa määräluettelo pdf-tiedostoksi tai paperitulosteena joudutaan lajittelu tekemään visuaalisesti. Etuna tässä on kuitenkin se, että pelkkien sanojen, yksiköiden tms. perusteella

haettavat tiedot eivät välttämättä sisällä kaikkea, mitä arviointi voisi vaatia, tai se sisältää liikaakin tietoa. Visuaalinen lajittelu kasvattaa sitä tekevän henkilön kokemusta ja tietoa siitä, mikä on oleellista arvioinnin kannalta ja mikä ei.

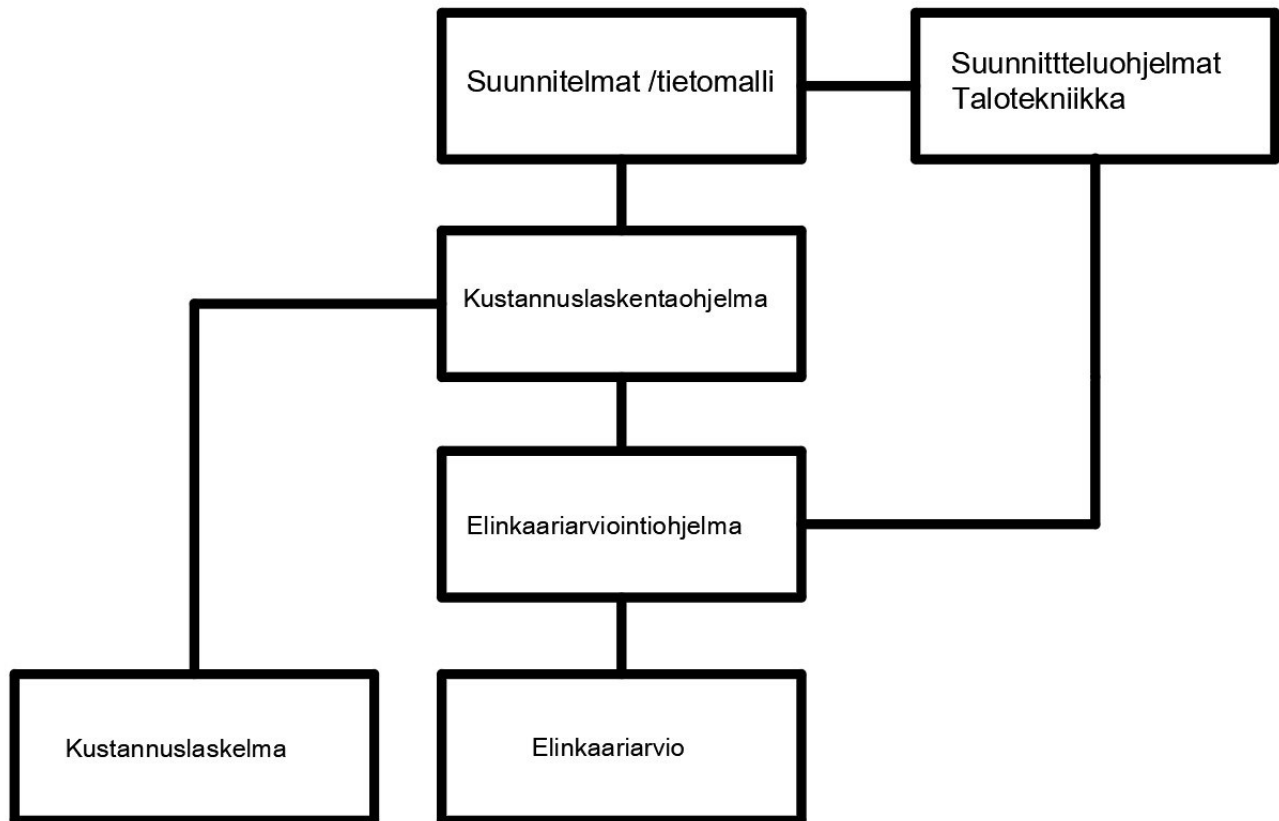
On myös luontevaa, ettei ole kannattavaa perustaa arviointia tässä vaiheessa automatiikan ympärille, kun arvioinnin sisältö ei perustu vielä rakennusmääräyksiin- tai lakiin, vaan luonnoksiin. Tämän lisäksi saattaa olla mahdollista, että kustannuslaskenta- tai elinkaariarviointiohjelmisto muuttuu niin, jotta aikaisemmin saatua tietoa ei voidakaan hyödyntää enää tehokkaasti, johtuen automatosoinnissa ilmenevistä virheistä.

4.3 Hankkeiden elinkaariarvioinnin kulku

Varsinaisten arviointien laatimiseen tarkoitettua kirjallista materiaalia on vähän saatavilla. Tämän takia oli turvaututtava arviointimenetelmässä ehdotettuun menetelmään ja luotava sen ympärille käytössä olevien resurssien puitteissa oma arviointiprosessi.

Tarkoitus oli, että hankkeiden materiaalien määrät siirrettäisiin ensin kustannuslaskentaohjelmaan joka tapauksessa, koska hankkeita tulisi budjetoida ennen varsinaisen hankekehitysvaiheen siirtymistä toteutukseen. Vaikka hankkeen kustannustietoa ei tarvittaisikaan, olisi kustannuslaskentaohjelmasta saadut materiaalmäärät kuitenkin siirtokelpoisia suurimmaksi osaksi sellaisenaan suoraan elinkaariarviointiohjelmistoon ilman jatkojalostamista.

Tietomalli palvelisi ensisijaisena tiedonlähteenä, kun tietoa haettaisiin kustannuslaskentaohjelmistoon. Talotekniikan materiaalit olisi siirrettävä suoraan elinkaariarviointiohjelmistoon perinteisistä suunnitelmista ja tietomallista. Osassa hankkeissa käytössä oli myös TATE-suunnittelijan suunnitteluohjelmiston määräluettelo.



Kuvio 9. Yrityksessä laadittu prosessi elinkaariarvioinnin tuottamiseksi. Prosessikuvaus ylhäältä alas.

Työmaatoimintaa A5 koskevan hiilijalanjäljen määrätiedot voitaisiin arvioida erikseen suoraan elinkaariarviointiohjelmistoon tai käyttää yleistä rakennuksen bruttopinta-alaan perustuvaa tietoa.

Rakennuksen käytönaikaisen ostoenergian tarve B6 tulkittiin suoraan hankkeiden energiatoistuksesta tai energiaselvityksestä. Elinkaariarviointiohjelmisto arvioi itse purkuvaiheeseen C1-C4 liittyvän hiilijalanjäljen ympäristöselosteiden tiedon perusteella. Rakennusosien vaihtovälit B4 arvioitiin yleisesti hyväksytyyn tiedon perusteella materiaaliakohtaisesti, vaikka elinkaariarviointiohjelmisto sisälsi oletusarvoja näistä. Oletusarvot osoittautuivat paikoin liian tiheiksi verrattuna yleisesti hyväksytyyn tietoon ja olisivat kasvattaneet B4-moduulin hiilijalanjälkeä tarpeettomasti.

Elinkaariarviointiohjelmistossa materiaalit nimettiin Talon 2000-nimikkeistön mukaisesti, jotta hiilijalanjäljen kohdistumista rakennuksen pääosalle voitaisiin tarkkailla. Nimeämisessä esiintyvät virheet saattavat vääristää rakennusosalle aiheutuvan hiilijalanjäljen määrää, vaikkakin kokonaishiilijalanjälki olisi ollut sama. Kuvio 9 kuvaa toteutettua elinkaariarviointiprosessia.

4.3.1 Hankkeen elinkaariarviointiin käytetty aika

Hankkeen läpivienti koko prosessin läpi kertaalleen ilman talotekniikan materiaalien erillistä arviointia kesti noin 30–40 tuntia. Mikäli talotekniikka oli arvioitava erikseen suunnitelmien perusteella koko prosessin läpivieminen kesti noin 60–100 tuntia. Taloteknisten osien arviointi osoittautui työläimmäksi osaksi arvioinnissa johtuen eri suunnittelualojen suunnitelmien määrästä. Suunnitelmat saattoivat olla myös hajautettuina useammalle eri tiedostolle, mikä aiheutti ylimääräistä työtä.

Edellä mainittu arviointilaajuus olisi voinut vastata elinkaariarviointia rakennuksen rakennuslupaa haettaessa, jos hanke arvioitaisiin ensimmäistä kertaa tarkkojen suunnitelmien ja materiaalien perusteella. Tarkkojen materiaalmäärien arviointi ja materiaalivalmistajien tuotteiden ympäristöselosteiden etsiminen vei paljon aikaa arvioinnissa.

Ympäristöministeriön ilmastaselvityksen luonnoksen mukaan hankkeiden keskimääräinen arviointi kestäisi noin 42–65 tuntia riippuen siitä, onko hankkeelle saatavilla tietomalli (Ympäristöministeriö, 2022, s. 39).

4.3.2 Elinkaariarvioinnin raporttipohja

Elinkaariarviointiprosessin tiedonsiirtoa varten koottiin myös hankkeen sisältämän oleellisen tiedon yhdistävä ja selittävä raportti muistion muodossa eli arviointimuistio. Tarkoituksena on välittää tietoa arvioinnin kohteena olevasta hankkeesta, käytetystä arviointimenetelmästä, epävarmuustekijöistä, tulosten analysoinnista ja parannusehdotuksista hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Arviointimuistipohjalle asetettiin selkeät kriteerit eli sen tulisi olla helposti luettava ja täytettävissä. Arvioinnin tiedon tulisi sijaita vastaavissa kohdissa hankkeiden välillä, jotta vertailu arviointipohjankin välityksellä olisi selkeää ja nopeaa. Tieto voisi olla myös varsinainen informaatiokanava yrityksen ulkopuoliselle taholle hankkeen vähähiilisyydestä, vaikka ensisijainen tarkoitus olisikin palvella yrityksen sisäistä tiedonsiirtoa ja olla päätöksen tekoa tukeva asiakirja.

Yksinkertaiset taulukot ja pylväsdiagrammit, sekä vertailuarvot voisivat toimia myös hyvin raja-arvoajattelua visualisoivina elementteinä. Tarkoitus oli luoda vakioitu kaavio yrityksen sisällä, jotta tieto arviointituloksista hankkeiden välillä olisi vertailukelpoista mahdollisimman vähäisellä ymmärryksellä elinkaariarvioinnista tai vähähiilisestä rakentamisesta.

Arviointimuistioita ei liitetty tähän raporttiin hankkeiden anonymiteetin säilyttämiseksi.

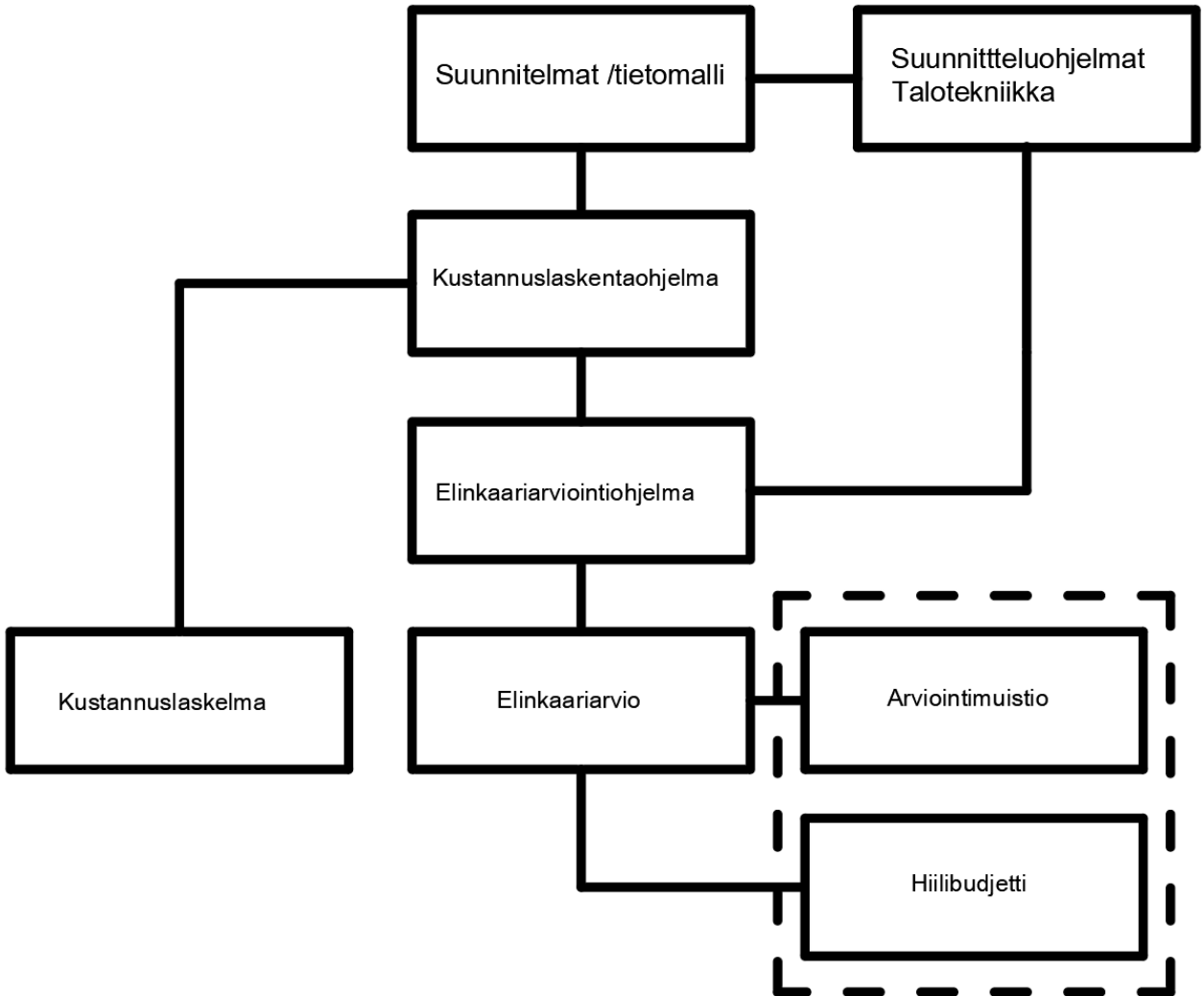
4.3.3 Hiilibudjetti

Toinen arvioinnista saatava asiakirja voisi olla hiilibudjetti, joka siirtyisi hankkeen mukana tarveselvityksestä alkaen ja viime kädessä palvelisi hanketta rakentavaa urakoitsijaa. Hiilijalanjälkibudjetti toimisi yhtenä rakennushanketta ohjaavana asiakirjana (Savolainen ym., 2023, s. 33). Kansankielellä asiakirja voisi olla paremminkin hiilibudjetti.

Hiilibudjetti ilmaisisi hankkeen toteutukseen käytössä olevan hiilijalanjäljen suuruuden eri rakennushankkeen kokonaisuuksien tai yksittäisten materiaalien osalta. Hiilibudjetti voisi olla yksityiskohtaisempi asiakirja, jossa olisi kaikki hankkeen hiilijalanjälkeä tuottavat yksiköt tarkoin listattuna. Urakoitsija ja rakennuttaja voisivat tehdä päätöksiä rakenteiden muutosten aiheuttamista vaikutuksista yksittäisen rakenteen osiin tai hankkeen kokonaishiilijalanjälkeen, ilman kattavaa uutta arviointia tai erillistä vähähiilisyyden asiantuntijan opastusta.

Yhdessä hiilibudjetti ja arviointimuistio toimisivat pääsääntöisenä tiedon siirron välineenä hankkeen sisällä tahoille, joilla ei olisi kokemusta, tietoa tai koulutusta elinkaariarvioinnissa tai sen tiedon käsittelyssä.

Hiilibudjettiasiakirjaa ei tämän raportin yhteydessä toteutettu. Asiakirjan toteutus olisi vaatinut toteutettavan ja tarkastelua vaativan hankkeen, jonka arviointi olisi toteutettu tavoitteellisesti hankkeen kehityksen alkuvaiheessa. Kuvio 10. osoittaa koko prosessin, sekä arviointimuistion ja hiilibudjetin syntyminen prosessin tuloksena.



Kuvio 10. Elinkaariarviointiprosessi, jonka perusteella on syntynyt arviointimuistio ja hiilibudjetti arvioitavasta hankkeesta. Prosessikuvaus ylhäältä alas.

5 WasaGroup Oy:n rakennushankkeiden elinkaariarviointi ja vertailu

Markkinoilla on varsin vähän julkista tietoa rakennushankkeiden hiilijalanjäljestä etenkin toimitila- ja liikerakentamisen saralla. Saatavilla olevasta julkisesta tiedosta on vaikea päätellä, minkälaisista hankkeista tarkalleen on kyse, jos rakennusosakohtaista arviota tai suunnitelmia ei ole julkaistu. Vähäisen julkisen tiedon vuoksi yrityksen omakohtainen tieto on tärkeää, jotta voidaan arvioida oman hankekehityshistorian hankkeiden hiilijalanjälkeä tulevien hankkeiden hiilijalanjäljen ennustamisessa. Julkista tietoa voidaan kuitenkin käyttää vertailukohdaksi, kun vertaillaan yrityksen hankkeista saatavia hiilijalanjäljen tuloksia.

Yrityksessä päätettiin kartoittaa joukko valikoituja hankkeita niiden hiilijalanjälkeen liittyvän tiedon keräämiseksi ja arviointiprosessin kehittämiseksi. Tarkoitus oli luoda kattava kuva tietyn tyyppisten hankkeiden hiilijalanjäljestä.

Kerätystä tiedosta saadaan kehitettyä eräänlainen tietokanta ja sen jälkilaskentatietoa voitaisiin käyttää kustannuslaskennan jälkilaskentatiedon tavoin (Savolainen ym., 2023, s. 76). Täten tulevien hankkeiden hiilijalanjäljen ennustaminen, ilman varsinaista arviota hankkeiden kehitysvaiheessa, olisi mahdollista.

Tietoa voitaisiin kerätä hankkeen eri vaiheista myöhempää käyttöä varten. Etuna olisi vertailutiedon perustuminen johonkin tiettyyn hankkeen kehitysvaiheeseen (Savolainen ym., 2023, s. 76). Arvioinnin tarkkuus voi vaihdella kehitysvaiheiden välillä, johtuen tiedon puutteesta tai tehdyistä oletuksista.

Päällimmäiset syyt jo valmistuneiden hankkeiden arvioinnissa ja vertailussa oli kartuttaa tietoa arviointimenetelmästä arviointia toteuttamalla. Muita syitä olivat arvioinnin ajallisten ja teknisten tarpeiden selvittäminen, potentiaalisten ongelmien havaitseminen suunnitelmien tiedonkeruusta, oman arviointiprosessin luominen ja tuleviin rakennustyyppikohtaisiin hiilijalanjäljen raja-arvoihin varautuminen saatavalla hankekohtaisella tiedolla.

5.1 Yrityksen hankkeet

WasaGroup Oy:n hankekehityksen hankekantaan kuuluu monen tyyppisiä hankkeita, kuten vähittäistavarakauppoja, päiväkoteja, kouluja, palvelutaloja, terveydenhuoltokiinteistöjä sekä varasto- ja huoltorakennuksia.

Tämän raportin laajuuden rajaamiseksi hanketyypeiksi valittiin myymälärakennuksia, päiväkoteja ja huoltamorakennuksia. Kyseiset rakennustyytit toistuvat eniten yrityksen lähimenneisyydessä ja siten edustaisivat todennäköisesti myös tulevaisuuden hankkeita.

5.1.1 Valintaperusteet arvioitaville hankkeille

Elinkaariarvioitavien hankkeiden kanssa jouduttiin toimimaan valikoidusti, koska yrityksen toteutuneiden hankkeiden tietokanta on suuri ja tietoa on paljon käytettävissä. Kaiken tiedon käsittely veisi huomattavan määrän aikaa.

Elinkaariarviointi vaatii tietoa hankkeista suunnitelmien ja energiatodistuksen osalta (Ympäristöministeriö, 2022, s. 1,18). Tämän takia oli järkevää valita sellaisia hankkeita, joista oli energiatodistukset ja suunnitelmat olemassa. Energiatodistuksen tulisi myös olla vuodelta 2018 tai uudempi, koska ostoenergian arviointi on muuttunut olennaisesti verrattuna aikaisemmin arvioituihin hankkeisiin (Myyryläinen, 2019, s. 40, 42, 50). Hankkeiden rajaaminen vuoteen 2018 ja sen jälkeen valmistuneisiin oli näin ollen perusteltua. Tämä auttaa vertailua myös Bionovan vuonna 2021 laatimaan raja-arvo ehdotuksen (Bionova, 2021, s. 11). Siinä ei myöskään ole valittu vuotta 2018 vanhempia energiatodistuksia.

Vaatumuksena hankkeille oli myös, että yrityksen suunnittelutoimistossa työskentelevät suunnittelijat muistavat tuoreemmat hankkeet paremmin ja niiden vertailuun liittyvät erikoispiirteet ovat helpommin osoitettavissa, kun perustiedot ovat suunnittelijoille entuudestaan tutut.

Arvioitaviksi hankkeiksi valittiin kolme huoltamorakennusta, viisi myymälärakennusta ja kolme päiväkotia. Arvioitavien hankkeiden energialuokat vaihtelivat A:sta C:hen. Suurimmassa osassa hankkeita lämmitys toteutettiin joko kaukolämmöllä tai maalämpöpumpuilla. Yhdessä hankkeessa on myös tuotettu itse energiaa aurinkopaneeleilla, mikä vaikuttaa hankkeen ostoenergian määrään (Myyryläinen, 2019, s. 66–67).

Päiväkotirakennusten koko vaihteli n. 950 m² ja 1500 m² välillä. Joukossa oli kaksi hirsirunkoista ja yksi rankarunkoinen hanke. Huoltamorakennusten koko vaihteli n.1400 m² ja 2150 m² välillä. Rakennukset olivat kaikki pääosin teräsrunkoisia. Ulkokuori oli valmistettu PVP-elementeistä ja yläpohja bitumipinnoitteisista puuelementeistä. Myymälärakennuksien koko vaihteli n. 2000 m² ja 5500 m² välillä. Rakennuksien runkorakenteet olivat pääosin betonia tai

terästä, ulkokuori PVP-elementeistä, ja yläpohjarakenteet joko bitumipintaisia puuelementtejä tai kantavia profiilipeltirakenteita.

Kaikki esitetyt hankkeet sijaitsevat Manner-Suomen sisällä. Yksilölliset erittelyt hankkeiden pääominaisuuksista ja elinkaariarviosta ovat tämän raportin liitteenä 1. Tulokset elinkaariarvioista on esitetty tämän raportin luvussa 6.

5.1.2 Arvioinnin epävarmuustekijät ja muut huomioitavat asiat

Arviointia tehtäessä ilmaantuneet epävarmuustekijät on mainittu tässä kappaleessa, jotta arviointi edustaisi mahdollisimman läpinäkyvää raportointia.

Hankkeiden suunnitelmista voidaan arvioida helposti määriä, mutta tuotteiden laadun ja valmistajan arvioiminen on hyvin vaikeaa, koska hankkeesta ei ole valmistumisen yhteydessä tai sen jälkeen laadittu selvitystä rakennushankkeessa käytettyjen tuotteiden alkuperästä. Edellä mainituista syistä arviointi toteutettiin yleisiä rakennusmateriaalien arvoja hyödyntäen, mikäli materiaalin laatua ei ollut erikseen suunnitelmissa tai muissa asiakirjoissa täsmennetty. Näin toimittiin betonin, eristeiden, kattopinnoitteiden, maalien jne. suhteen. Teräksen valmistuksen kierrätysasteesta ei esimerkiksi voida sanoa mitään, jos käytetyn teräksen alkuperä ei ole tiedossa.

Materiaalihukan osuuteen elinkaariarvioinnissa luotettiin OneClickLCA:n automaattisiin tuotekohtaisiin arvioihin, jotka vaihtelivat 4 ja 18 prosenttiyksikön välillä. Elementtirakenteista poistettiin materiaalihukka kokonaan.

Suomessa valmistetulla teräksellä on tunnetusti lähes 100 % kierrätysaste (Cronvall, 2021). Hankkeiden teräslaadusta tai kotimaisuudesta ei kuitenkaan ole tietoa. Arvioiduissa hankkeissa on käytetty 60 % kierrätysasteen teräslaatua johtuen edellä mainituista epävarmuustekijöistä.

Sisustusmateriaalien osalta arvioinneissa on huomioitu myös sellaiset materiaalit, joiden vaikutus hiilijalanjälkeen toisissa hankkeissa voi olla varsin vähäinen johtuen rakennuksen tyylistä. Tällaisia ovat esimerkiksi alakatot, maalit, laatat ja märkätilan vesieristeet. Materiaaliselosteen arviointiin kuuluvia sisustusmateriaaleja ei ole erikseen lueteltu. Siinä on kerrottu

arviointiin sisältyvän kulutukselle alttiit pinnat (Ympäristöministeriö, 2022b, s.8). Esimerkiksi alakatto ei tulkinnan varaisesti kuuluisi tähän ryhmään lainkaan.

Betonin valmistuksen hiilijalanjälki on riippuvainen sitä valmistavan tahon betonireseptistä. Tässä saattaa olla merkittäviäkin eroja. Arvioinnissa on käytetty kuitenkin keskimäärästä OneClickLCA-ohjelmistosta löytyvää kullekin laadulle ominaista arvoa. Esimerkiksi hankkeissa yleisesti esiintyvällä C30/37-betonilaadulla hiilijalanjälki oli 0,13 kg CO₂e / kg.

Talotekniikan materiaalien arviointi on ainakin rakennuslupaa haettaessa mahdollista toteuttaa hankkeen lämpimään pinta-alaan perustuvan arvion perusteella, koska silloin talotekniikan materiaalien vaikutusta on haastava arvioida (Ympäristöministeriö, 2021, s. 18). Asiasta on mainittu vuoden 2021 arviointimenetelmän luonnoksessa, mutta ei vuoden 2022 arviointimenetelmän luonnoksessa. Suurin osa tämän raportin arvioista on toteutettu kuitenkin toteutuneiden suunnitelmista tulkittavien osakokonaisuuksien perusteella. Mikäli arviointi on toteutettu hankkeen pinta-alan perusteella, se on mainittu erikseen liitteessä 1.

Materiaalien tekninen käyttöikä arvioitiin RT-kortin RT 18-10922 taulukon normaalin rasitusluokan perusteella (Rakennustieto, 2008, s. 1–32). Aurinkopaneelien osalta käytettiin 20 vuoden teknistä käyttöikää. Tiedon puuttuessa arvo otettiin RT-kortista. Tietoa ei myöskään löydetty sivustolta Co2data.fi. Markkinoilta löytyy väitteitä myös yli 30 vuoden käyttöiästä (Motiva, 2024b).

Kuljetusmatkojen A4 arvioinnissa käytettiin arvoa 102 km, joka on keskimääräinen kuljetusmatka tuotteen valmistajalta tuotteen asennuspaikkaan (Häkkinen, 2021, s. 2). On huomioitavaa, että valmistuneiden hankkeiden osalta ei voida varmuudella sanoa, ylittävätkö tai alittavatko ne keskimääräisen kuljetusmatkan. Mikäli materiaali toimitetaan ulkomailta esimerkiksi vesi- tai ilmaitse, on sillä merkittävä vaikutus kuljetusmatkan hiilijalanjälkeen.

Rakennustyömaatoiminnan osalta hiilijalanjäljen arviointiin käytettiin pääosin rakennuksen bruttopinta-alaan perustuvia kansallisen tietokannan arvoja, lukuun ottamatta kahta hanketta. Päiväkoti 950 m² työmaatoiminnasta hiilijalanjälkeen vaikuttavat tiedot oli taltioitu ja päiväkotia 1500 m² osalta käytettiin tavoitteellista arviota päiväkodin 950 m² perusteella.

YM:n elinkaariarviointimenetelmä vuodelta 2019 (luonnos) esittää työmaaprosessin hiilijalanjäljen arvioinnissa rakennettavan rakennuksen pinta-alan perusteella tehtyä arviointia hyväksyttäväksi menetelmäksi (Ympäristöministeriö, 2021, s. 24). Myös tuoreempi Ympäristöministeriön elinkaariarviointimenetelmä vuodelta 2022 (luonnos) viittaa mahdollisuuteen, että varsinaista työmaakohtaista rakennustoiminnan arviota ei olisi pakollista tehdä, vaan rakennuksen pinta-alaan perustuva arviointi riittäisi.

Tilanteissa, joissa päädyttäisiin laskemaan työmaatoimintojen hiilijalanjälki 2 ja 3 momenttien mukaisesti, olisi pykälän 2 momentin mukaan ostoenergiasta ja polttoaineista aiheutuvan hiilijalanjäljen arvioinnin perustuttava jokaiselle energiamuodolle erikseen tehdyille laskelmalle (Ympäristöministeriö, 2021, s. 24).

Tässä raportissa esiintyvät yrityksen hankkeiden materiaalitiedot ovat peräisin kansallisen tietokannan EPD-ympäristöselosteista, jotka perustuvat vuonna 2019 laadittuun EN 15804+A2- standardiin (Ympäristöministeriö, 2021, s. 14, 17). Tätä vanhempia, kuten vuonna 2012 laaditun EN 15804+A1 standardin ympäristöselosteita ei arvioinneissa käytetty lainkaan. Mikäli arvioinnissa olisi käytetty vanhentuneita EPD-ympäristöselosteita saattaisi tulos poiketa esitetyistä tuloksista standardien erotessa toisistaan. Suurimmat poikkeavuudet standardien välillä syntyisivät esimerkiksi eloperäisen hiilen arvioinnin osalta, jonka sisältyminen materiaaliin tulisi toteuttaa erillisen arvioinnin välityksellä, jotta hiiltä sitovan puuston alkuperä voitaisiin selvittää ja varmentaa kestäväksi tuotteeksi.

Eloperäisen hiilen sitoutumista ilmakehästä ei huomioitu materiaalien hiilijalanjäljessä. Tällä ei ole vaikutusta kokonaishiilijalanjälkeen (Ympäristöministeriö, 2021, s. 3, 14, 36). Mikäli se olisi ilmoitettu materiaalien hiilijalanjäljessä, olisi se jouduttu lisäämään rakennuksen purku- ja loppukäsittelyä koskevassa moduulissa vastaavalla summalla ilmakehään vapautuvana hiilenä. Eloperäisen hiilen arviointi puutuotteissa olisi tullut toteuttaa EN 16449-standardilla. Eloperäisen hiilen määrään vaikuttaa mm. puun massa, kosteus ja tilavuus (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2014, s. 5–6).

Energian B6 osalta kaikissa arvioinneissa on hyödynnetty hyödynjakomenetelmää. Olisi ollut mahdollista hyödyntää myös energiajakomenetelmää sähköenergiasta aiheutuneen hiilijalanjäljen arvioinnissa hankkeissa, joissa myös lämmitys on toteutettu sähköä hyödyntävillä järjestelmillä (Ympäristöministeriö, 2021, s. 25). Mikäli yrityksen hankkeiden arvioinnissa olisi hyödynnetty energianjakomenetelmää vain niissä hankkeissa, joissa myös lämmitys on to-

teutettu sähköllä, olisi se asettanut hankkeet eriarvoiseen asemaan. Bionovan tai Rakennusteollisuuden raporteissa ei ollut tietoa käytettävästä energian arviointiin liittyvästä menetelmästä.

5.1.3 Epävarmuustekijät ilmastohyödyissä

Rakentamislakiuudistuksen 1.1.2025 mukaan hiilikädenjäljen arvo on vain ilmoitettava rakennuslupaa haettaessa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 1, 25). Hiilikädenjäljen arvon kasvattamiseen ei ole suurta kannustetta, sillä siitä saatavaa arvoa ei voida hankkeen yhteydessä hyödyntää esimerkiksi hiilijalanjäljen vähennyksenä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 27). Tämä saattaa aiheuttaa elinkaariarvioinneissa ilmiön, jossa kannustetta todelliseen vähähiiliseen rakentamiseen ei suosita tai asioita jätetään ilmoittamatta. Hiilikädenjäljen arviointi on paikon työlästä, ja vaatii erityistä asiantuntemusta energia- ja betonitekniikan osa-alueilta. Ympäristöministeriön arviointimenetelmä (luonnos) mahdollistaa ylimääräisen energian tuotannon ilmoittamisen hiilikädenjälkeenä rakennushankkeessa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 26).

Aurinkovoimaloiden myytävästä energiasta tulisi laatia simulointi, missä huomioitaisiin käytetyn energian ja tuotetun energian erotus vuoden mittaisella arviointijaksolla (Myyryläinen, 2019, s. 66). Käytännössä tämä tarkoittaisi, että kiinteistön todellinen energiankulutus tiedettäisiin kussakin hetkessä ja myös aurinkopaneelien tuotto samalla ajankohdalla. Tällöin saataisiin aikanaan luotettava tulos, mikä tuskin onnistuisi ilman asianmukaisia koneavusteisia ohjelmia tai kattavaa tuntemusta energialaskennasta.

Betonin karbonatisoitumisen osalta työ olisi tehtävä erillisen vuonna 2022 julkaistun standardin EN 16757 kautta, jossa asia ilmoitetaan tilanteita tulkiten ja laskentakaavojen valintojen kautta, riippuen mm. betonin materiaalin laadusta, rakenteen suunnitellusta käyttöiästä, sementin ja kalkin määrästä, sen pintakäsittelystä jne. (SFS, 2022, s. 48–51). Esimerkiksi päiväkodeissa usein käytetyistä epoksimassalla pinnoitetuista betonilattioista voitaisiin karbonatisoituminen arvioida hiilikädenjälkeen. Laskenta tämän osalta on työlästä ja se täytyy tehdä vähintään laskentakaavojen tulkinnan osalta visuaalisesti standardista (SFS), 2022, s. 49).

OneclickLCA-ohjelmistossa ei ole uuden EN 16757-standardin mukaiselle arvioinnille syöttömahdollisuutta. Ohjelman arviointi betonin karbonatisoitumisesta perustuu ympäristöministeriön arviointimenetelmän luonnokseen vuodelta 2021, jolloin pelkästään sementin ja kalkin

määrän perusteella voitaisiin päätellä saatava ilmastohyöty hiilikädenjäljen muodossa (Ympäristöministeriö, 2021, s. 31). Siinä ei huomioida betonin sijaintia rakennuksessa, laatua, pinnoitteita tai pinnan laajuutta.

Ympäristöministeriön arviointimuiston luonnoksessa on olemassa maininta asemakaava-alueelle istutettavista puista (Ympäristöministeriö, 2022, s. 25–26). Puiden hiilikädenjäljen arvioinnin toteutuksesta ei ole tietoa, eikä arvioinnin laajuutta tai laatua ole täsmennetty mitenkään.

Yllä mainitut asiat olisivat heikentäneet tuloksien luotettavuutta hiilikädenjäljen osalta. Tästä syystä hiilikädenjäljen arviointia ei tehty hankkeille. Hiilikädenjälkeä ei ole myöskään ilmoitettu vertailtavissa Bionovan tai Rakennusteollisuuden raporteissa.

6 Yrityksen hankkeiden elinkaariarvioinnin tulokset

Tähän lukuun on koottu tulokset niin, että niitä voidaan vertailla muihin yrityksen samankaltaisiin rakennuksiin ja markkinoilla yleisesti olevaan tietoon.

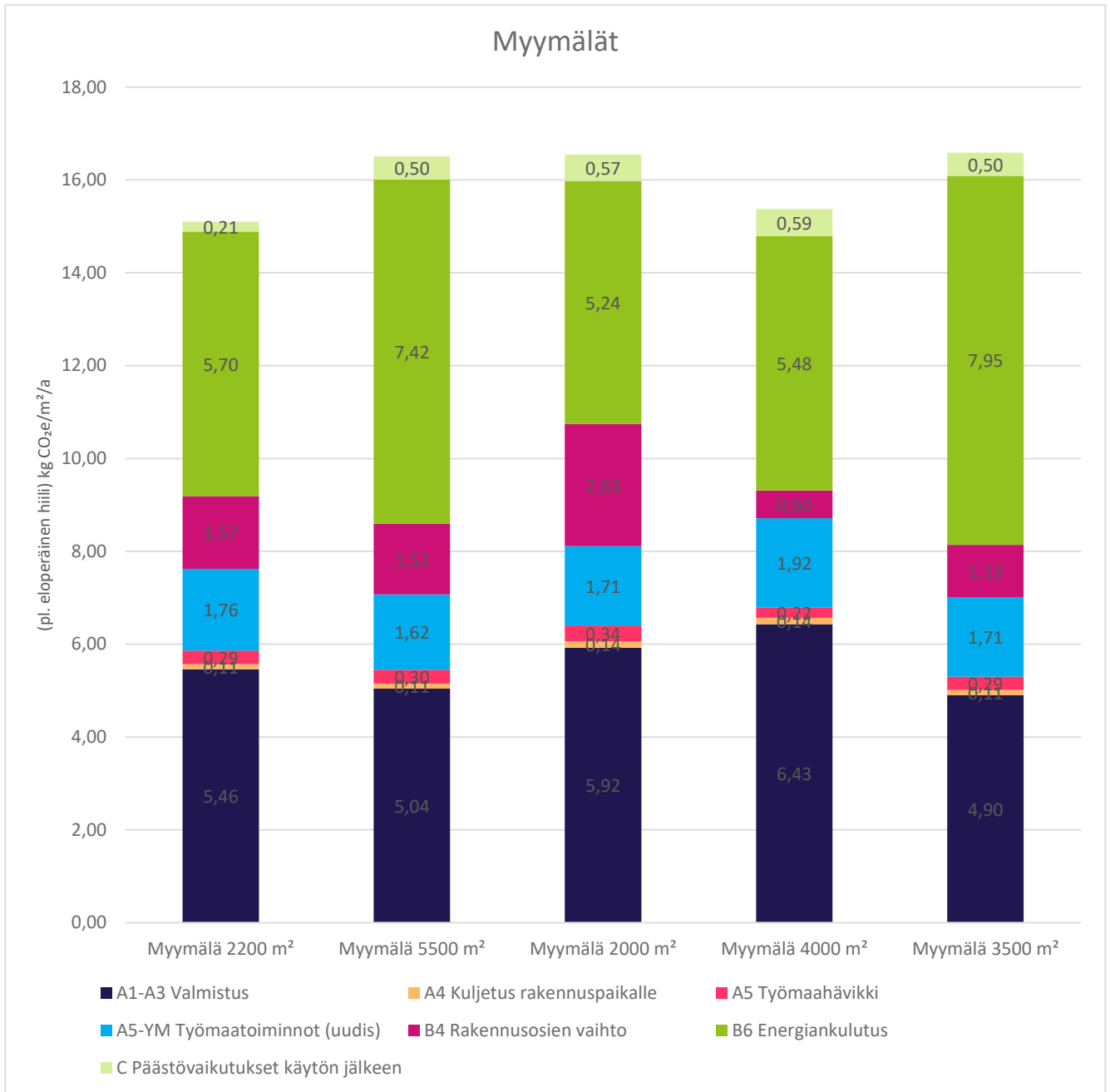
Eri lähteillä on hieman näkemuseroavaisuuksia tulosten ilmoittamisen suhteen. Esimerkiksi Bionovan tekemässä tutkimuksessa on huomioitu ainoastaan moduulit A1-A3, B4 ja B6, kun tutkinnan kohteena on ehdotettu raja-arvo (Bionova, 2021, s. 8, 17, 35). Rakennusteollisuuden teettämässä tutkimuksessa on huomioitu koko elinkaaren vaikutus Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti (Rakennusteollisuus, 2022, s. 2). Tätä raporttia varten hankkeiden arvioita on muokattu niin, jotta ne olisivat mahdollisimman vertailukelpoiset keskenään, kuitenkin täyttäen esitetyn vuoden 2022 arviointimenetelmän (luonnos) asettamat vaatimukset.

6.1 Tulokset kootusti ympäristöministeriön ilmastaselvityksen mukaisesti

Tässä luvussa esitetään yrityksen toteutuneiden tai toteutuksessa olevien hankkeiden hiilijalanjäljen tuloksia Ympäristöministeriön ilmastaselvityksen perustelumuition luonnoksen 30.9.2022 mukaisesti ja parhaan tulkinnan mukaisesti koskien ainoastaan rakennusta. Rakennuspaikkaan liittyvää hiilijalanjälkeä ei ole huomioitu.

Tulokset on esitetty pylväsdiagrammeina tulkinnan helpottamiseksi ja moduulikohtaiset tiedot ilmenevät sekä diagrammista että taulukosta tulkinnan ja vertailun selkeyttämiseksi. Rakennushankkeiden yksityiskohtaisempi tieto ja moduulien prosenttiosuudet hankkeista ovat liitteessä 1.

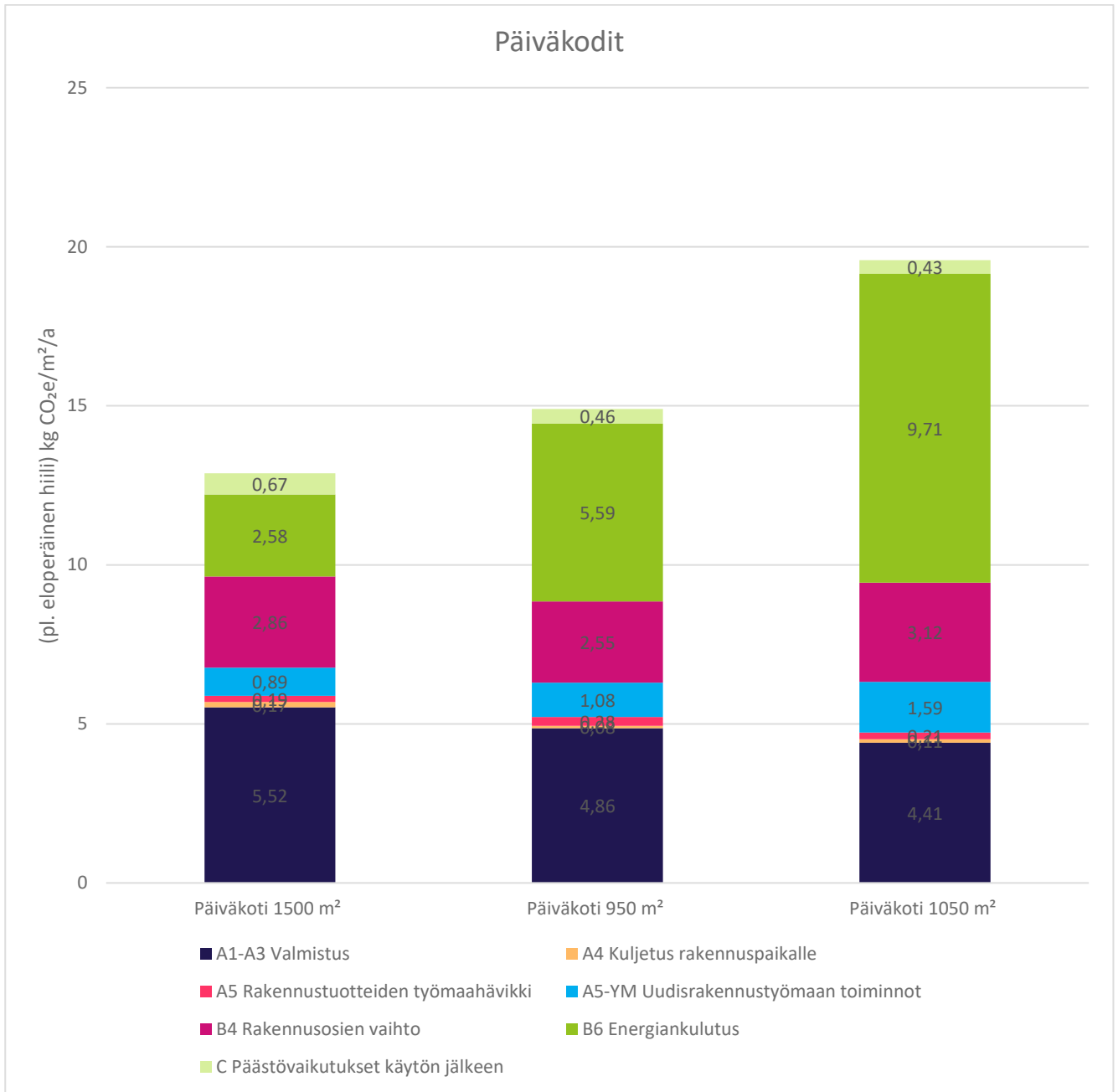
Tämän luvun taulukkojen ja kuvioiden tulokset on esitetty lämpimään pyöristettyyn pinta-alaan suhteutettuna rakennuksen 50 vuoden elinkaaren ajalta, pois lukien eloperäinen hiili. Tulosten analysointi tapahtuu luvussa 7 ja 10.



Kuvio 11. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen myymälähankkeiden elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.

Taulukko 5. Kuvion 11. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.

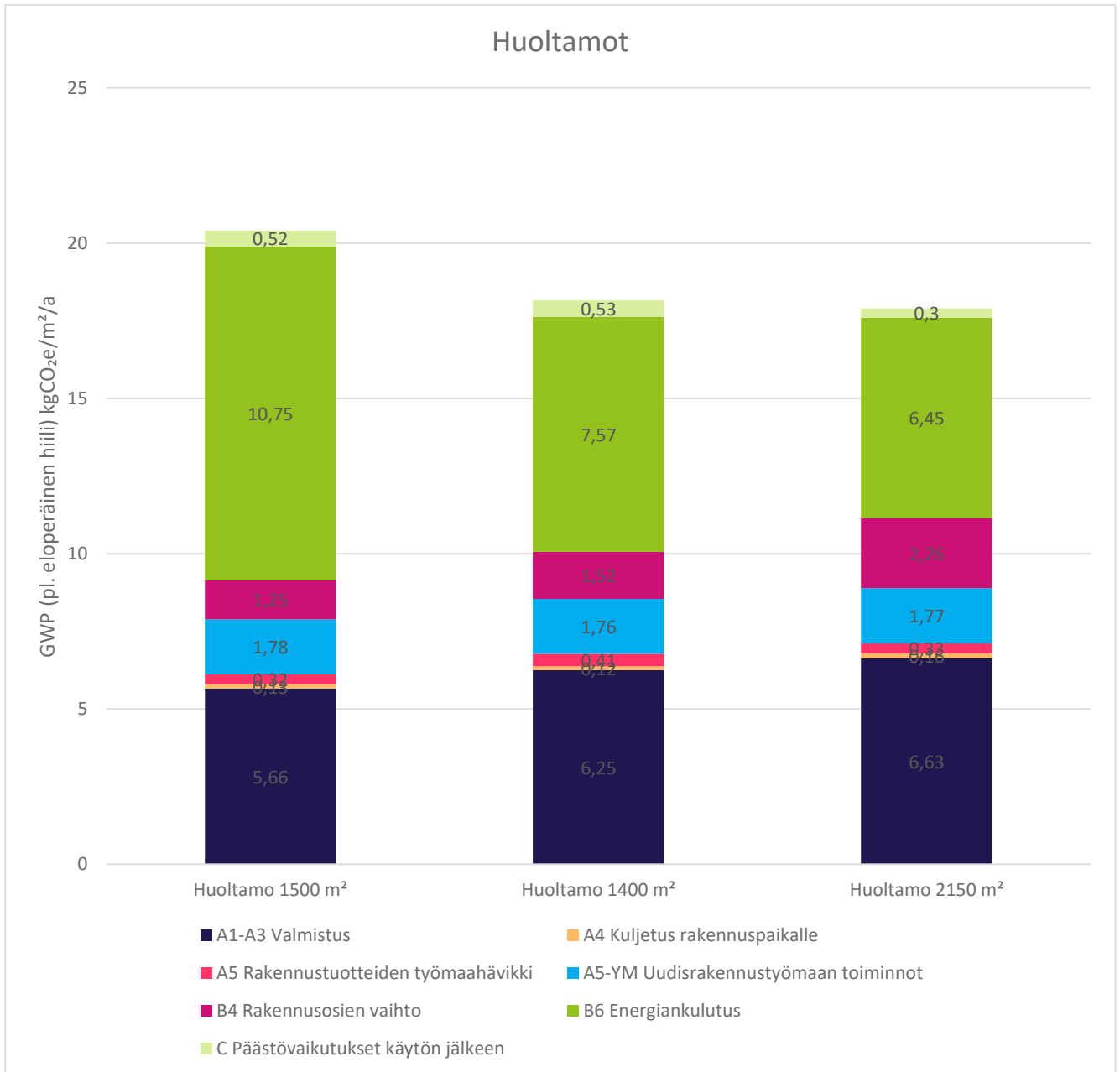
Moduuli	Myymälä 2200 m ²	Myymälä 5500 m ²	Myymälä 2000 m ²	Myymälä 4000 m ²	Myymälä 3500 m ²
A1-A3	5,46	5,04	5,92	6,43	4,9
A4	0,11	0,11	0,14	0,14	0,11
A5	2,05	1,92	2,05	2,14	1,71
B4	1,57	1,52	2,63	0,6	1,13
B6	5,7	7,42	5,24	5,48	7,95
C	0,21	0,5	0,57	0,59	0,5
A-C	15,11	16,52	16,56	15,38	16,6



Kuvio 12. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen päiväkotihankkeiden elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.

Taulukko 6. Kuvion 12. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.

Moduuli	Päiväkoti 1500 m ²	Päiväkoti 950 m ²	Päiväkoti 1050 m ²
A1-A3	5,52	4,86	4,41
A4	0,17	0,08	0,11
A5	0,19	0,28	0,21
A5-YM	0,89	1,08	1,59
B4	2,86	2,55	3,12
B6	2,58	5,59	9,71
C	0,67	0,46	0,43
A-C	12,88	14,9	19,58



Kuvio 13. Ympäristöministeriön vuoden 2022 elinkaariarviointimenetelmällä laadittu pylväsdiagrammi kuvaamaan yrityksen huoltamohankkeiden elinkaarenaikaista hiilijalanjälkeä.

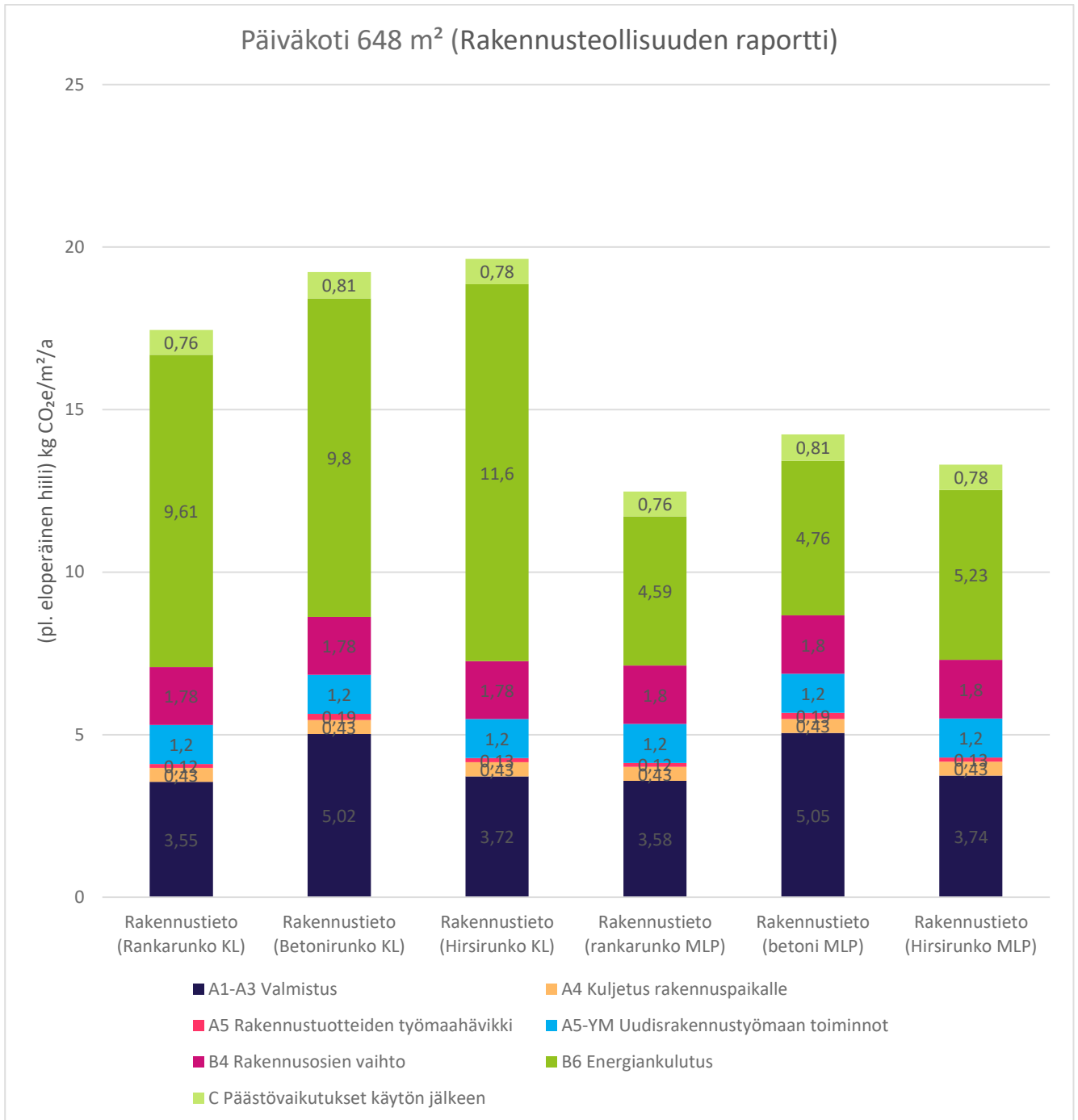
Taulukko 7. Kuvion 13. arvot taulukoituna. A-C kuvaa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjäljen arvoa.

Moduuli	Huoltamo 1500 m ²	Huoltamo 1400 m ²	Huoltamo 2150 m ²
A1-A3	5,66	6,25	6,63
A4	0,13	0,12	0,16
A5	0,32	0,41	0,33
A5-YM	1,78	1,76	1,77
B4	1,25	1,52	2,26
B6	10,75	7,57	6,45
C	0,52	0,53	0,3
A-C	20,41	18,16	17,91

6.2 Vertailukelpoiset hiilijalanjäljen tulokset Rakennusteollisuuden selvitys 2022

Rakennusteollisuuden teettämässä selvityksessä on hyödynnetty myös ympäristöministeriön arviointimenetelmän 2022 (luonnos) sisältöä ja laajuutta (Rakennusteollisuus, 2022, s. 2). Arvot ovat siten suoraan vertailukelpoisia tätä raporttia varten arvioitujen yrityksen hankkeiden kanssa.

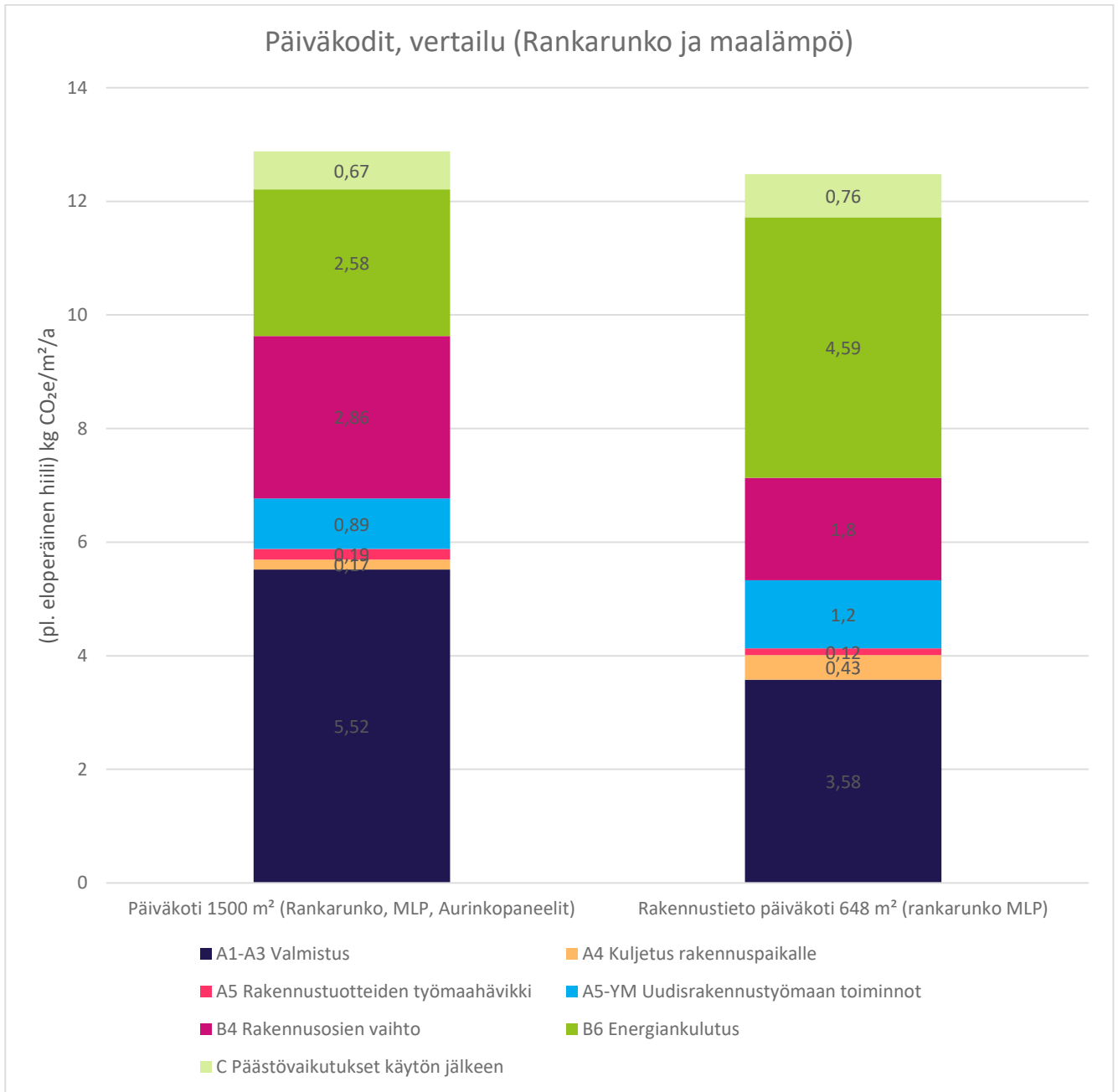
Rakennusteollisuuden selvityksessä esitettyä 648 m² päiväkotia vertaillaan yrityksen samoja ominaisuuksia omaavien päiväkotihankkeiden kanssa. Tarkoitus on selvittää, osoittavatko tätä raporttia varten laaditut elinkaariarviot samoja hiilijalanjäljen arvoja, kun vertailukohtana on vastaava rakennustyyppi. Voitaisiinko päiväkotihankkeita arvioida pinta-ala perusteisesti, kun hankkeen ominaisuudet ovat samat?



Kuvio 14. Rakennusteollisuuden rakennusten hiilijalanjälkitarkastelut raportin perusteella laadittu kuvio (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6).

Taulukko 8. Kuvion 14 arvot taulukoituna (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6).

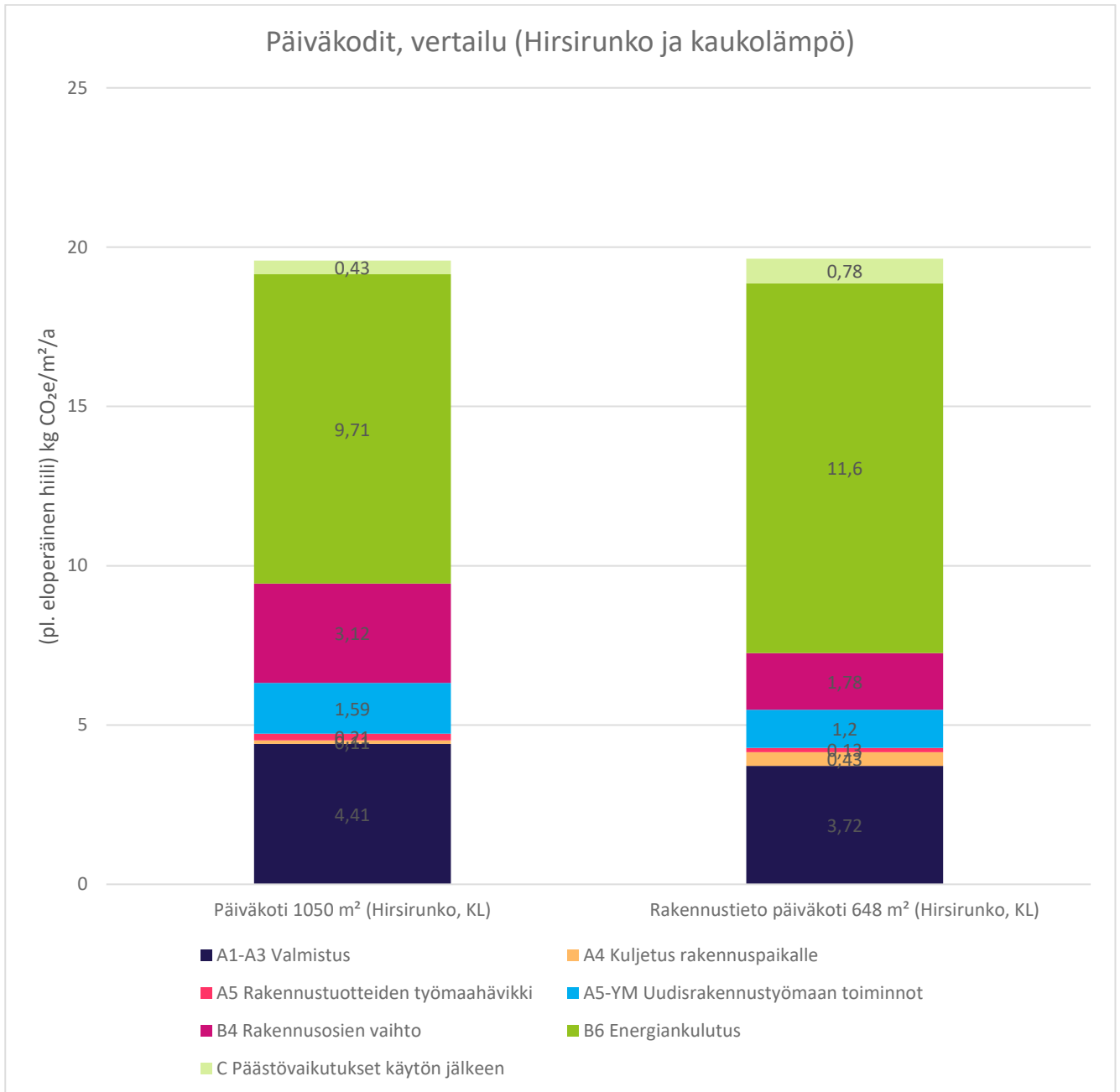
Moduuli	Rakennustieto (Rankarunko KL)	Rakennustieto (Betonirunko KL)	Rakennustieto (Hirsirunko KL)	Rakennustieto (rankarunko MLP)	Rakennustieto (betoni MLP)	Rakennustieto (Hirsirunko MLP)
A1-A3	3,55	5,02	3,72	3,58	5,05	3,74
A4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
A5	0,12	0,19	0,13	0,12	0,19	0,13
A5-YM	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
B4	1,78	1,78	1,78	1,8	1,8	1,8
B6	9,61	9,8	11,6	4,59	4,76	5,23
C	0,76	0,81	0,78	0,76	0,81	0,78
A-C	17,45	19,23	19,64	12,48	14,24	13,31



Kuvio 15. Vertailukohtana rankarunkoiset päiväkodit, jossa lämmitysmuotona maalämpö.

Taulukko 9. Kuvion 15 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 103 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.

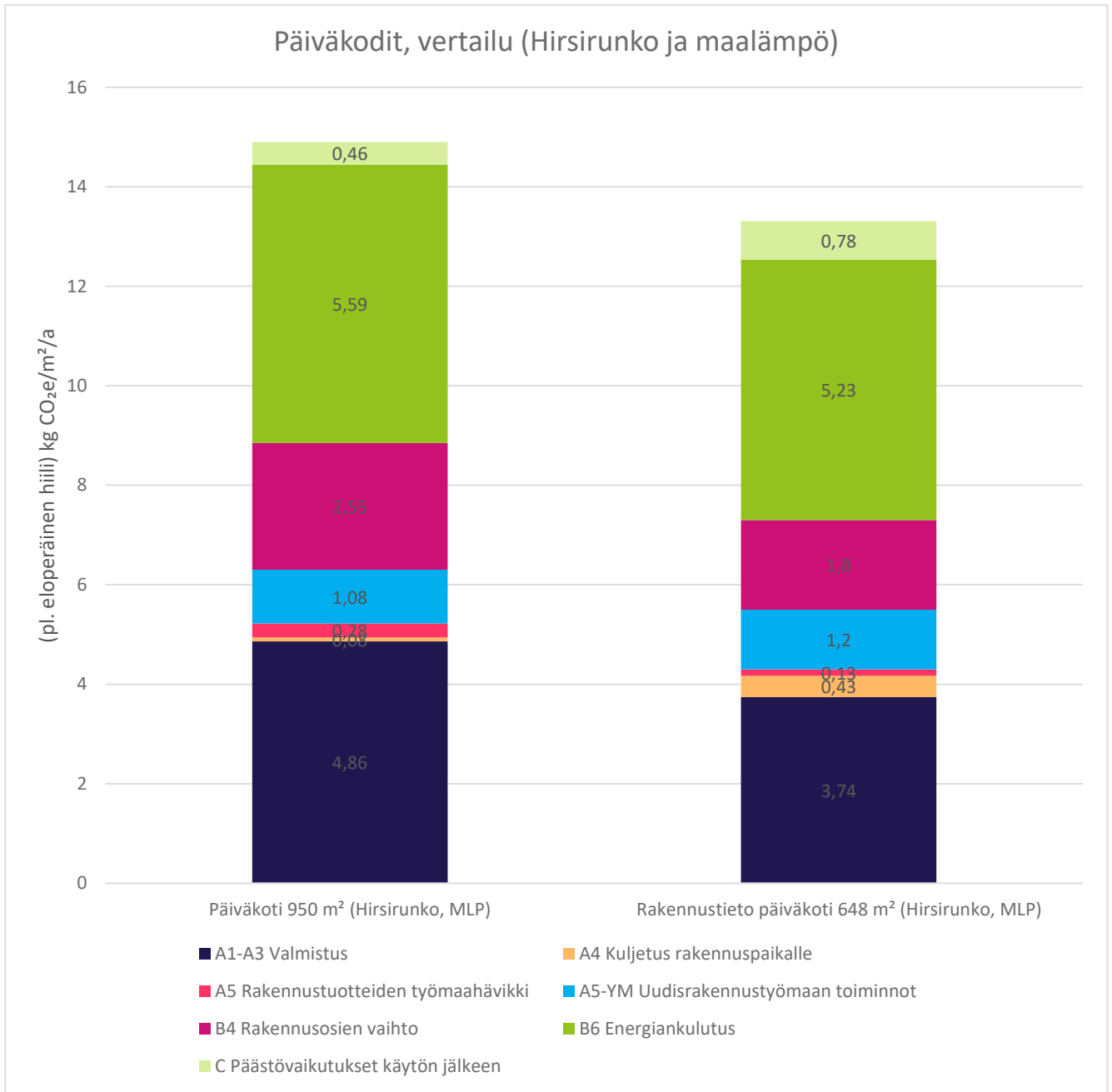
Moduuli	Päiväkoti 1500 m ² (Rankarunko, MLP, Aurinkopaneelit)	Rakennustieto päiväkoti 648 m ² (rankarunko MLP)
A1-A3	5,52	3,58
A4	0,17	0,43
A5	0,19	0,12
A5-YM	0,89	1,2
B4	2,86	1,8
B6	2,58	4,59
C	0,67	0,76
A-C	12,88	12,48
Verraten RT:n raportin päiväkotiin	103 %	100 %



Kuvio 16. Vertailukohteena hirsirunkoiset päiväkodit, joissa lämmitysmuotona kaukolämpö.

Taulukko 10. Kuvion 16 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 99,7 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.

Moduuli	Päiväkoti 1050 m ² (Hirsirunko, KL)	Rakennustieto päiväkoti 648 m ² (Hirsirunko, KL)
A1-A3	4,41	3,72
A4	0,11	0,43
A5	0,21	0,13
A5-YM	1,59	1,2
B4	3,12	1,78
B6	9,71	11,6
C	0,43	0,78
A-C	19,58	19,64
Verraten RT:n raportin päiväkotiin	99,7 %	100 %



Kuvio 17. Vertailukohteena hirsirunkoiset päiväkodit, joissa lämmitysmuotona maalämpö.

Taulukko 11. Kuvion 17 arvot taulukoituna. Yrityksen hanke osoittaa 112 % hiilijalanjäljen määrän verrattuna Rakennusteollisuuden raporttiin.

Moduuli	Päiväkoti 950 m ² (Hirsirunko, MLP)	Rakennustieto päiväkoti 648 m ² (Hirsirunko, MLP)
A1-A3	4,86	3,74
A4	0,08	0,43
A5	0,28	0,13
A5-YM	1,08	1,2
B4	2,55	1,8
B6	5,59	5,23
C	0,46	0,78
A-C	14,9	13,31
Verraten RT:n raportin päiväkotiin	112 %	100 %

6.3 Bionovan selvitys 2021 rakennusten hiilijalanjäljistä ja esitetyt raja-arvot

Bionova (nyk. OneClickLCA) on esittänyt ehdotuksia ympäristöministeriön toimeksiannosta vuonna 2021 valmistuneessa raportissaan (Carbon Footprint Limits for Common Building Types) raja-arvoille rakennustyypeittäin moduuleille materiaalinvalmistus A1-A3, rakennusosien vaihdot B4 ja käyttövaiheen energian kulutus B6 (Bionova, 2021, s. 1, 8, 17,35).

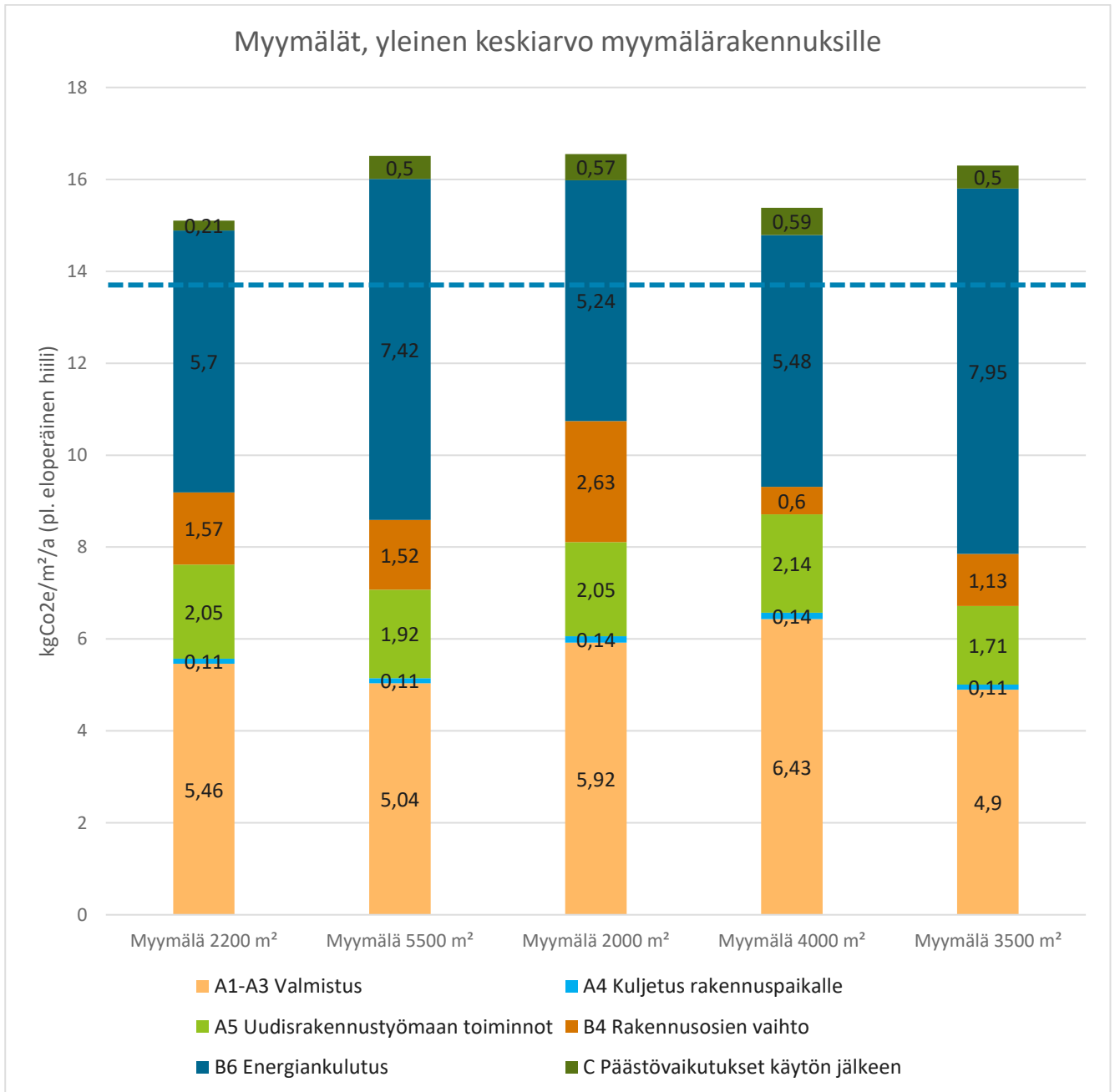
Raportissa on myös esitetty arvioiduille hankkeille keskiarvot rakennustyypeittäin koko elinkaaren ajalta (Bionova, 2021, s. 35). Bionovan raportista saatavalla tiedolla voidaan tehdä vertailua sen ja yrityksen hankkeiden välillä.

Taulukoissa esiintyvät tulokset on esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan 50 vuoden pituisella rakennuksen elinkaarella. Poiketen Bionovan raportista taulukossa esitetyissä yrityksen hankkeissa on ilmoitettu väestönsuojien rakennusosat, kuten betoniset seinät ja holvit ja siihen liittyvä talotekniikka, kun rakennuksen bruttoala ylittää 1200 m² tai käyttäjien määrä ylittää asetetun vaatimuksen (Rakennustieto, 2012, s. 5). Väestönsuojan vaikutus hankkeen hiilijalanjälkeen ei ole kuitenkaan kovin merkittävä. Liitteen 1 sivuilla 1–11 kuvataan materiaalien hiilijalanjälkijakaumaa hankkeissa. Väestönsuojan osuus on siinä noin 1–3 %. Kun väestönsuojan materiaalien vaikutus suhteutetaan koko hankkeen elinkaarenaikaiseen hiilijalanjälkeen, on sen vaikutus noin 1 %.

Tässä luvussa olevissa vertailuissa ei ole esitetty A5-moduulissa ilmenevää työmaahävikkiä yrityksen hankkeiden tai Bionovan arviointien osalta (Bionova, 2021, s. 37–38). Poikkeavalla värityksellä on osoitettu vertailukelpaamattomuus muiden tämän raportin vertailujen kanssa, vaikka ero onkin varsin pieni, tyypillisesti noin 1–2 % yrityksen hankkeissa koko elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa. A5-rakennustöiden hävikki on havaittavissa liitteen 1 sivuilta 1–11.

Bionovan raportti on laadittu vuonna 2021 ympäristöministeriön vuoden 2019 arviointimenetelmän luonnoksen mukaisesti (Bionova, 2021, s. 7). Vuonna 2019 laadittu arviointimenetelmä ei erikseen sulje pois muiden kuin EN 15804+A2-standardiin perustuvien EPD-ympäristöselosteiden käytön, toisin kuin vuonna 2022 laadittu arviointimenetelmä luonnos (Ympä-

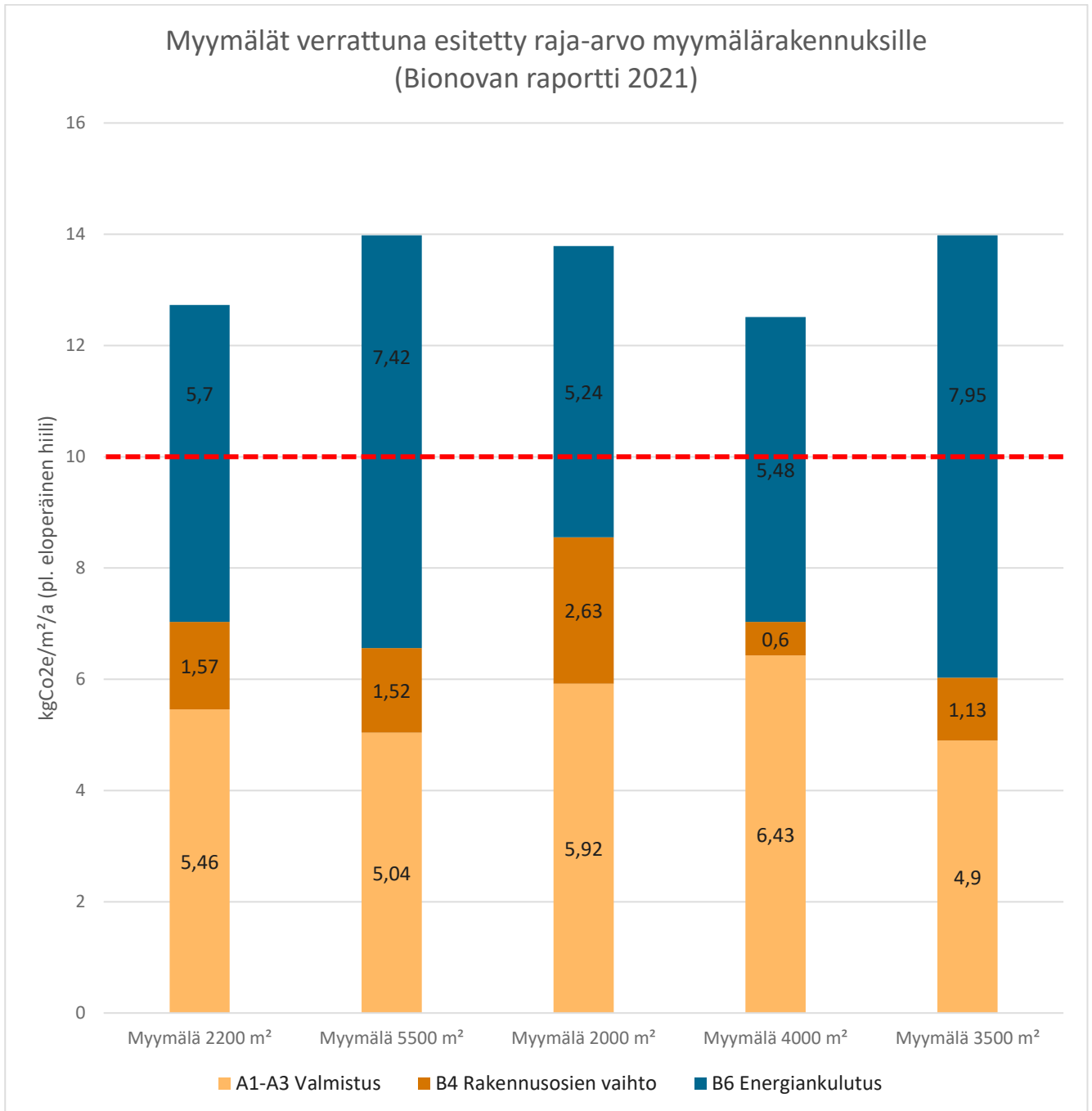
ristöministeriö, 2022, s. 14). Raportti sisältää kuitenkin elementtejä, joita ei kyseisessä arvioinnissa ole vielä huomioitu. Tällainen on esimerkiksi perustusten kuuluminen rakennuspaikkaan eikä rakennukseen, mikä kasvattaa arviointien vertailukelpoisuutta (Bionova, 2021, s. 2). Perustukset eivät vielä kuulu rakennuspaikkaan 2019 laaditussa arviointimenetelmässä (Ympäristöministeriö, 2019, s. 20). Bionovan raportti ei välttämättä edusta luotettavuudeltaan samaa tasoa kuin Rakennusteollisuuden vuonna 2022 ilmestynyt raportti, jos tarkastelukohdantana on arviointimenetelmän ajantasaisuus.



Kuvio 18. Vertailukohtana yrityksen myymälärakennuksille on Bionovan raportissa esitetty yleinen keskiarvo vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 17). Keskiarvo on diagrammissa esitetty sinisellä katkoviivalla.

Taulukko 12. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Oikeassa reunassa esitetty Bionovan keskiarvot moduuleittain (Bionova, 2021).

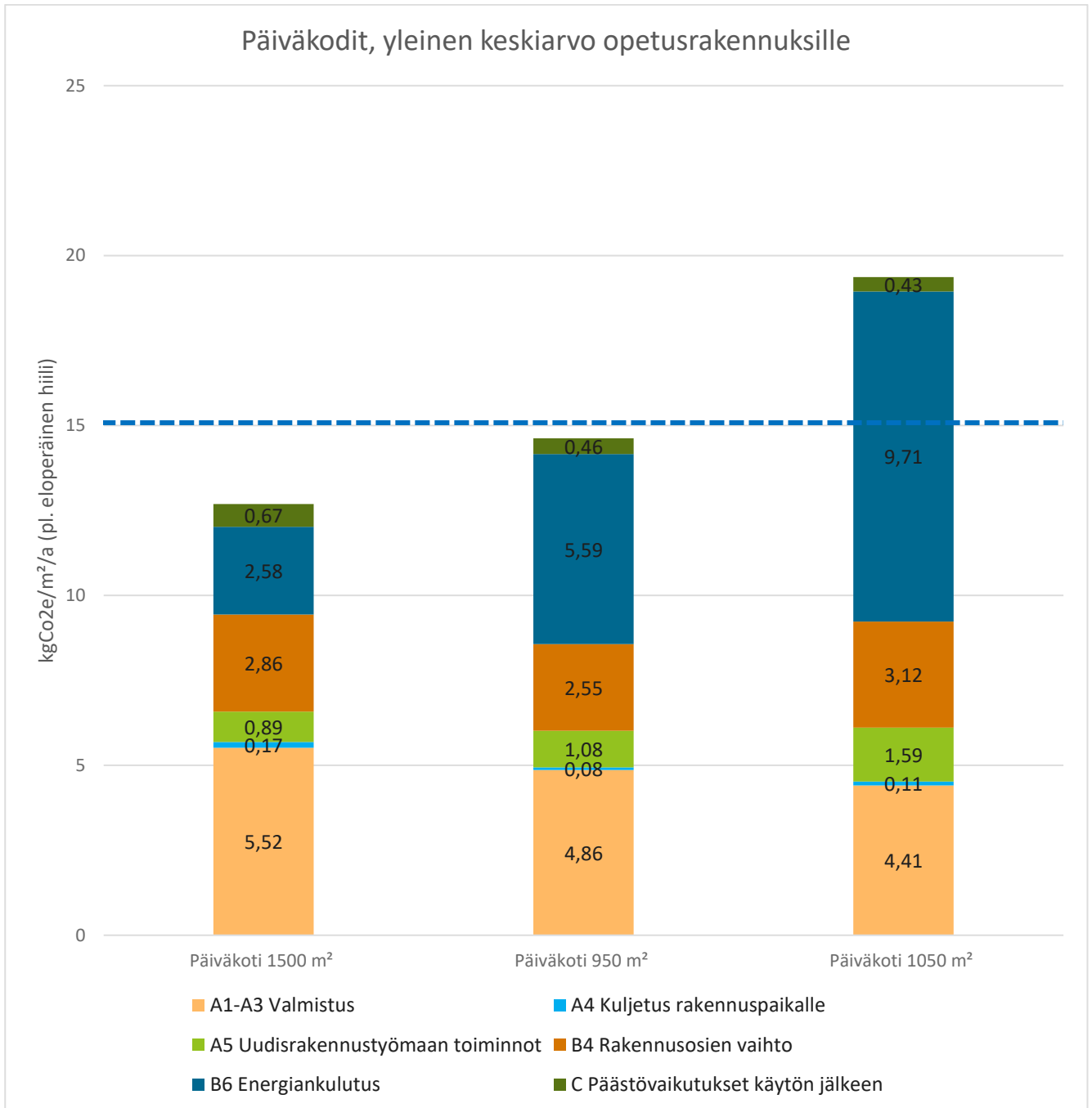
Moduuli	Myymälä 2200 m ²	Myymälä 5500 m ²	Myymälä 2000 m ²	Myymälä 4000 m ²	Myymälä 3500 m ²	Bionova Keskiarvo (raportti)
A1-A3	5,46	5,04	5,92	6,43	4,9	4,30
A4	0,11	0,11	0,14	0,14	0,11	0,20
A5	2,05	1,92	2,05	2,14	1,71	0,55
B4	1,57	1,52	2,63	0,6	1,13	1,38
B6	5,7	7,42	5,24	5,48	7,95	6,60
C	0,21	0,5	0,57	0,59	0,5	0,67
A-C	15,11	16,52	16,56	15,38	16,6	13,70



Kuvio 19. Vertailukohtana yrityksen myymälärakennuksille on Bionovan raportissa esitetty raja-arvoehdotus vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 35). Raja-arvo on diagrammissa esitetty punaisella katkoviivalla, 10 kgCo2e/m²/a.

Taulukko 13. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Raja-arvo myymälöille Bionovan raportissa esitetty moduuleille A1-A3, B4 ja B6 on 10 kgCo2e/m²/a (Bionova, 2021, s. 35).

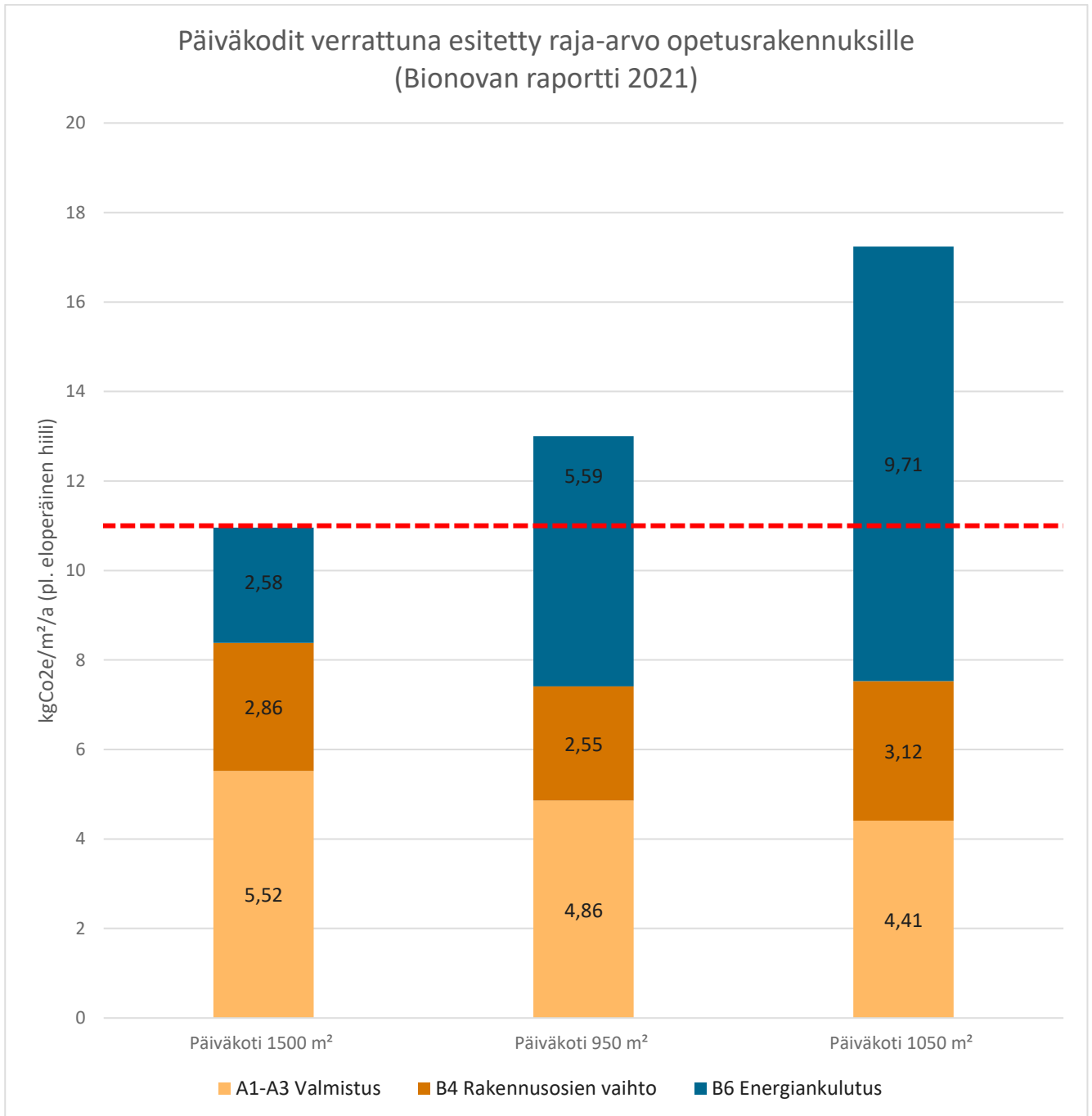
Moduulit	Myymälä 2200 m ²	Myymälä 5500 m ²	Myymälä 2000 m ²	Myymälä 4000 m ²	Myymälä 3500 m ²	
A1-A3	5,46	5,04	5,92	6,43	4,9	
B4	1,57	1,52	2,63	0,6	1,13	
B6	5,7	7,42	5,24	5,48	7,95	
A-C	12,73	13,98	13,79	12,51	13,98	
Verrattuna esitettyyn raja-arvoon	127 %	140 %	138 %	125 %	140 %	



Kuvio 20. Vertailukohtana yrityksen päiväkotirakennuksille on Bionovan raportissa esitetty yleinen keskiarvo vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 17). Keskiarvo on diagrammissa esitetty sinisellä katkoviivalla.

Taulukko 14. Kuvion 20 arvot taulukoituna. Oikeassa reunassa esitetty Bionovan keskiarvot moduuleittain (Bionova, 2021, s.17).

Moduuli	Päiväkoti 1500 m ²	Päiväkoti 950 m ²	Päiväkoti 1050 m ²	Keskiarvo (raportti)
A1-A3	5,52	4,86	4,41	5,1
A4	0,17	0,08	0,11	0,24
A5	0,89	1,08	1,59	0,55
B4	2,86	2,55	3,12	1,58
B6	2,58	5,59	9,71	6,94
C	0,67	0,46	0,43	0,67
A-C	12,69	14,62	19,37	15,08



Kuvio 21. Vertailukohtana yrityksen päiväkotirakennuksille on Bionovan raportissa esitetty raja-arvo ehdotus vastaavalle rakennustyyppille (Bionova, 2021, s. 35). Raja-arvo on diagrammissa esitetty punaisella katkoviivalla.

Taulukko 15. Kuvion 18 arvot taulukoituna. Raja-arvo päiväkodeille Bionovan raportissa esitetty moduuleille A1-A3, B4 ja B6 on 11 kgCo2e/m²/a (Bionova, 2021, s. 35).

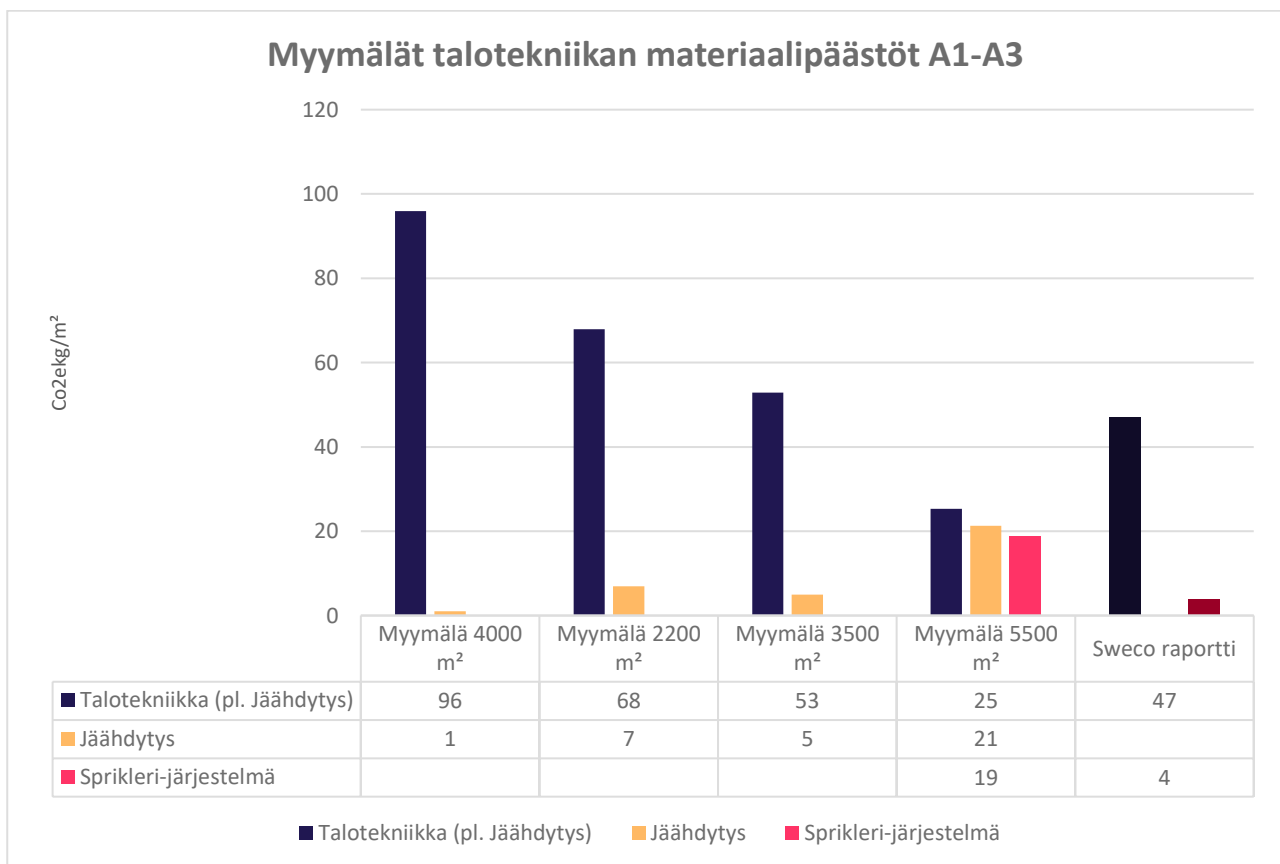
Moduuli	Päiväkoti 1500 m ²	Päiväkoti 950 m ²	Päiväkoti 1050 m ²	Raja-arvo (raportti)
A1-A3	5,52	4,86	4,41	
B4	2,86	2,55	3,12	
B6	2,58	5,59	9,71	
A-C	10,96	13	17,24	11
Verrattuna esitettyyn raja-arvoon	99,6 %	118,2 %	156,7 %	100,0 %

6.4 Talotekniikan materiaalien arviointi ja vertailu pinta-alaperusteiseen arviointiin

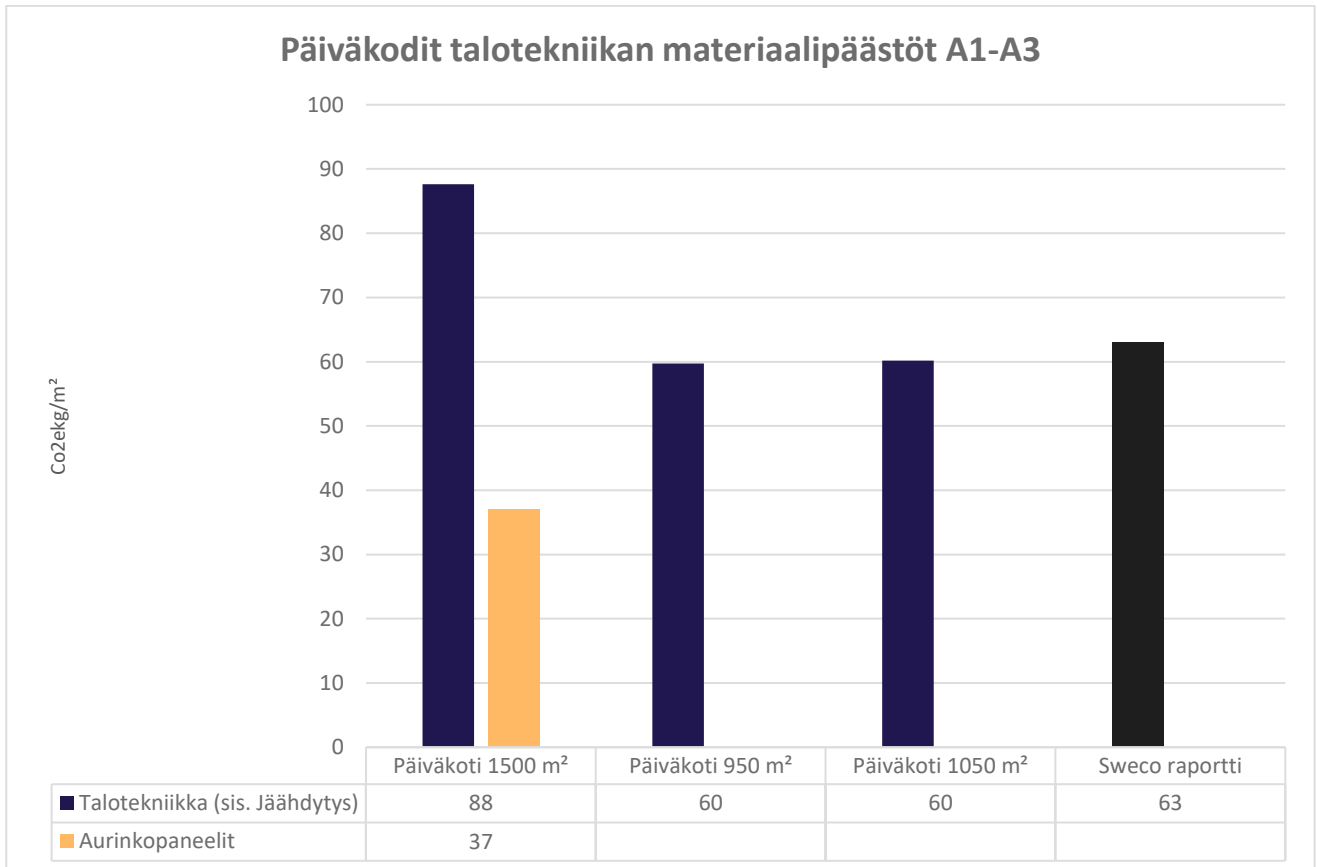
Kansallinen tietokanta esittää rakennuksen lämpimään nettopinta-alaan perustuvan arvioinnin talotekniikan osien hiilijalanjäljestä. Pinta-alaperusteinen arvio perustuu rakennusalan konsulttiyhtiö Swecon laatimaan raporttiin vuodelta 2021 (Sweco, 2021, s. 9). Tässä osiossa vertaillaan talotekniikan osien todellista suunnitelmista arvioitua hiilijalanjälkeä Swecon raportissa esitettyyn rakennusten pinta-alaperusteiseen hiilijalanjäljen arvioon.

Tämän raportin talotekniikan arviointi suoritettiin vain rakennuksen talotekniikan materiaalien osalta. Rakennuspaikkaa palvelevan talotekniikan hiilijalanjälkeä ei huomioitu.

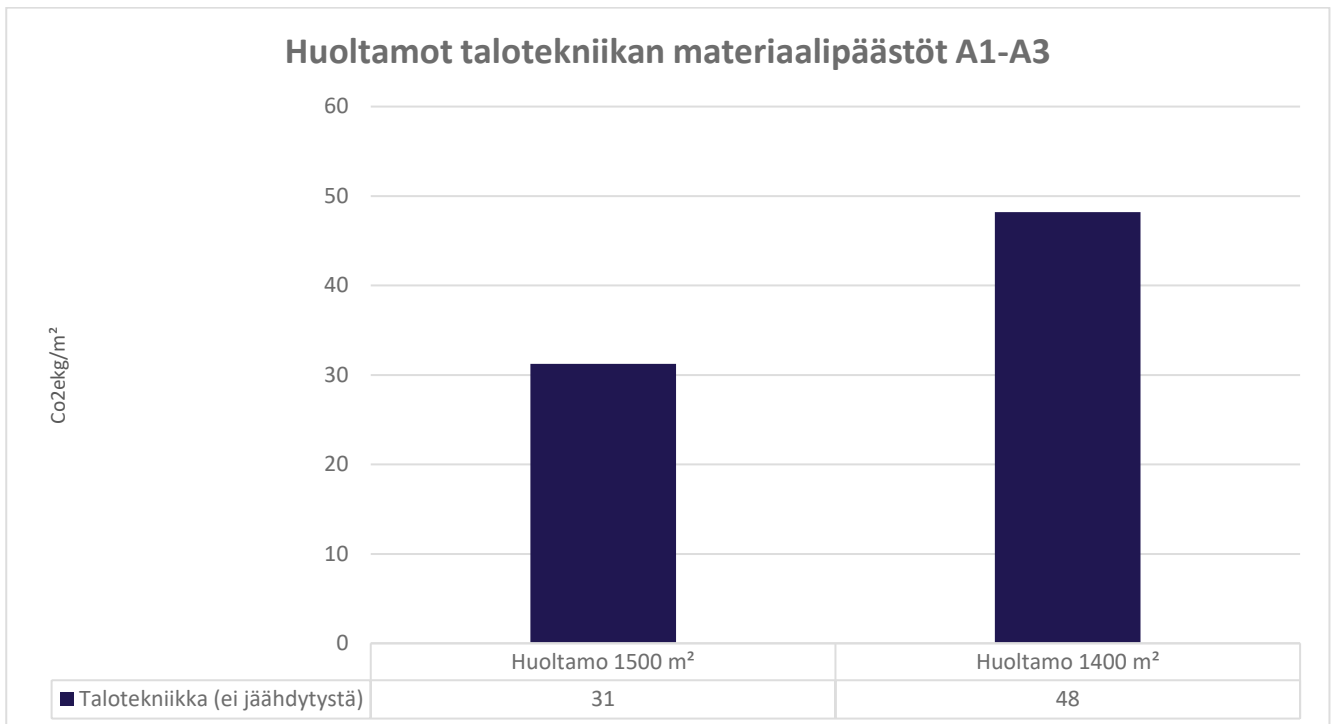
Taloteknisiä osia ei voitu arvioida kahden hankkeen osalta, myymälästä 2000 m² ja huoltamosta 2150 m² johtuen taloteknisten suunnitelmien puutteellisuudesta, eikä niitä sen takia ole esitetty tämän kappaleen kuvioissa 22 ja 24. Kyseiset hankkeet on esitetty tämän raportin muissa vertailuissa edellä mainitun kansallisen tietokannan rakennusten pinta-alaperusteisten arvioiden perusteella.



Kuvio 22. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka myymälöiden osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan. Tummemmalla sävyllä esitetty yleisessä käytössä oleva kansallisen tietokannan taulukkoarvo (Sweco, 2021, s. 9).



Kuvio 23. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka päiväkotien osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan. Tummemmalla sävyllä esitetty yleisessä käytössä oleva kansallisen tietokannan taulukkoarvo (Sweco, 2021, s. 9).



Kuvio 24. Suunnitelmaperusteisesti arvioitu talotekniikka huoltamorakennuksien osalta. Arvot esitetty suhteessa rakennuksen lämpimään pinta-alaan.

Huoltamotyypisille rakennuksille ei kansallisesta tietokannasta löytynyt vertailtavia pinta-alaperusteisia arvioita talotekniikan osista. Tarkemmat erittelyt taloteknisten materiaalien osuuksista eri talotekniikkaosien osalta on tarkisteltavissa liitteestä 1.

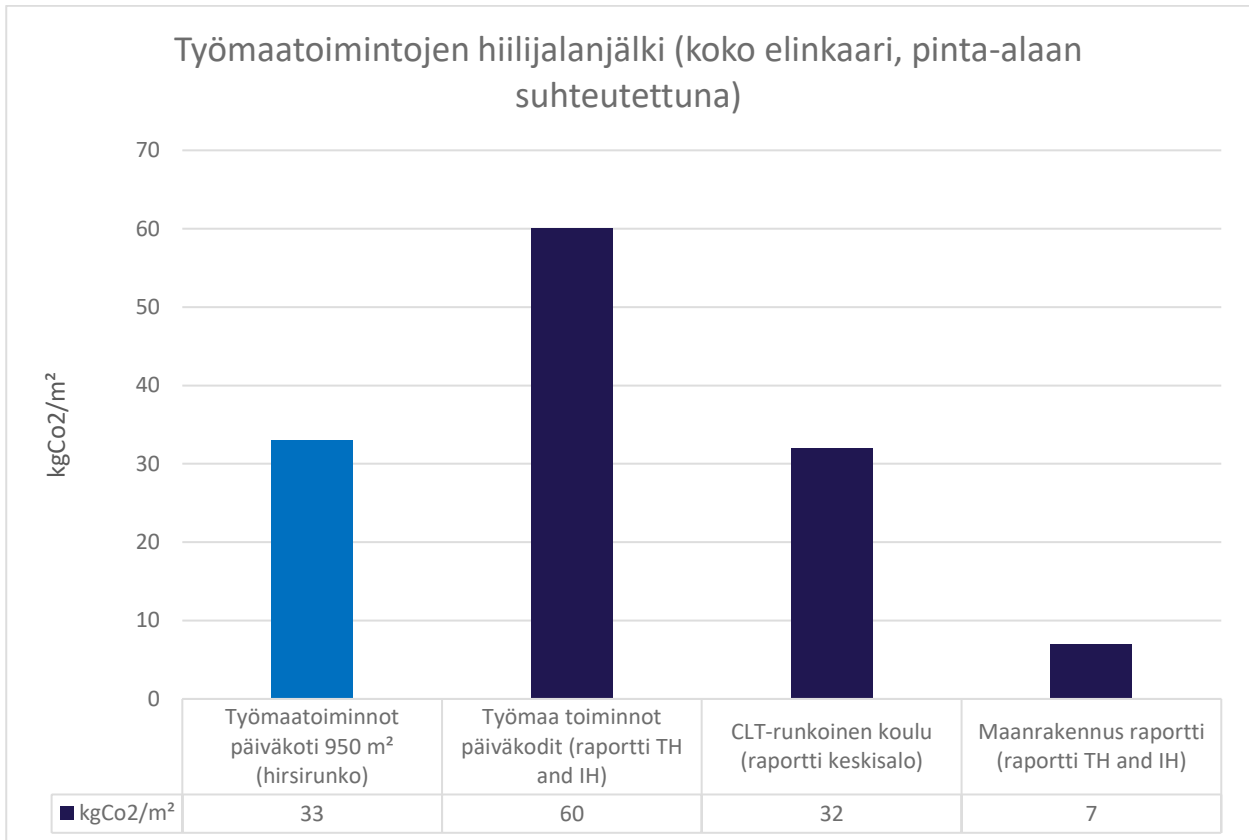
6.5 Työmaatoimintojen vertailu pinta-alaperusteiseen arviointiin

Kansallisesta tietokannasta löytyy raportti Report – Process - Construction site (A5), jossa on yleisimmille rakennustyypeille ja maanrakennustöille rakennusten pinta-alaan perustuvat arviot työmaatoimintojen hiilijalanjäljestä (Häkkinen ym., 2021, s. 8). Tässä kappaleessa on tarkoitus vertailla toteutetun työmaan työmaatoiminnan todellista hiilijalanjälkeä pinta-alaperusteisiin arvoihin.

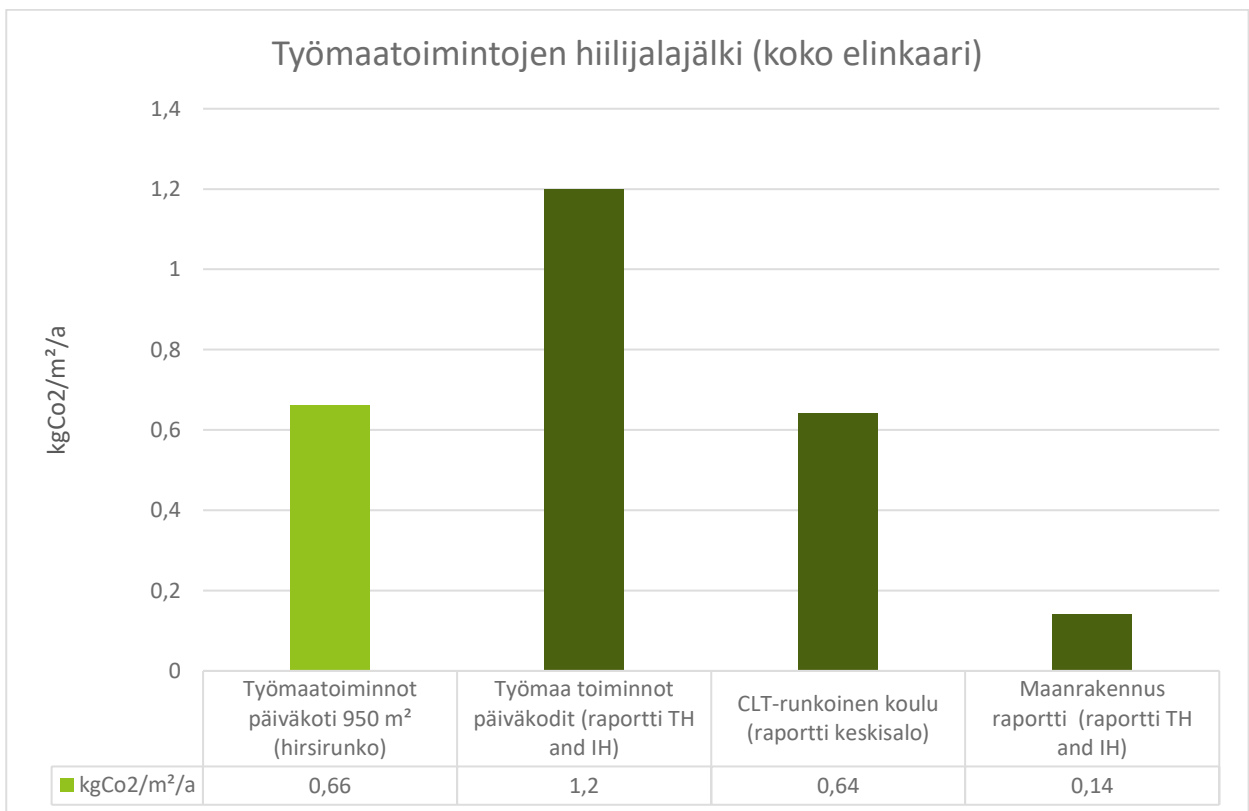
Karelia ammattikorkeakoulu on myös laatinut raportin vuonna 2020, jossa se esittää arviota työmaatoiminnoista bruttoalaltaan 3090 m² CLT-runkoisesta Kuhmossa sijaitsevasta koulusta (Häkkinen ym., 2021, s. 71). Arvo on esitetty taulukoissa muunnettuna 50 vuoden elinkaarijaksolle alkuperäisen raportin esittämän 100 vuoden sijaan vertailtavuuden parantamiseksi (Häkkinen ym., 2021, s. 7).

Arvioitavassa hankkeessa päiväkodista 950 m² oli saatavilla tietoja myös työmaatoiminnasta. Tiedot koskevat vain rakennusta. Maansiirtotöistä tietoja ei kerätty kyseiseltä työmaalta. Työmaalla oli käytetty sen valmistusvaiheessa 88 283 kWh sähköä, polttoöljyä 7 440 kg eli 84 964 kWh ja työmaalta oli kuljetettu pois sekajätettä 35 060 kg. Pois kuljetettavan jätteen kuljetusmatkaksi on arvioitu 15 kilometriä edestakaiselle matkalle. Työmaalta poisajettava jäte ilmoitetaan myös polttoaineena työmaatoimintaan liittyen (Ympäristöministeriö, 2022, s. 24). Arvioidun rakennushankkeen rakennustoiminta on alkanut kesäkuussa ja päättynyt vuodenvaihteessa.

Taulukkojen arvot on ilmoitettu rakennetun rakennuksen bruttopinta-alaan verrattavina lukuina, sekä koko hankkeen elinkaaren aikaisena hiilijalanjälkenä rakennuksen bruttopinta-alaan verrattavina.



Kuvio 25. Työmaatoimintojen hiilijalanjälki rakennuksen pinta-alaan perustuvalla arvolla. Tummemmat arvot ovat yleisessä käytössä olevia taulukkoarvoja (Häkkinen, 2021, s. 8).



Kuvio 26. Työmaatoimintojen hiilijalanjälki rakennuksen pinta-alaan ja elinkaareen perustuvalla arvolla. Tummemmat arvot ovat yleisessä käytössä olevia taulukkoarvoja (Häkkinen, 2021, s. 8).

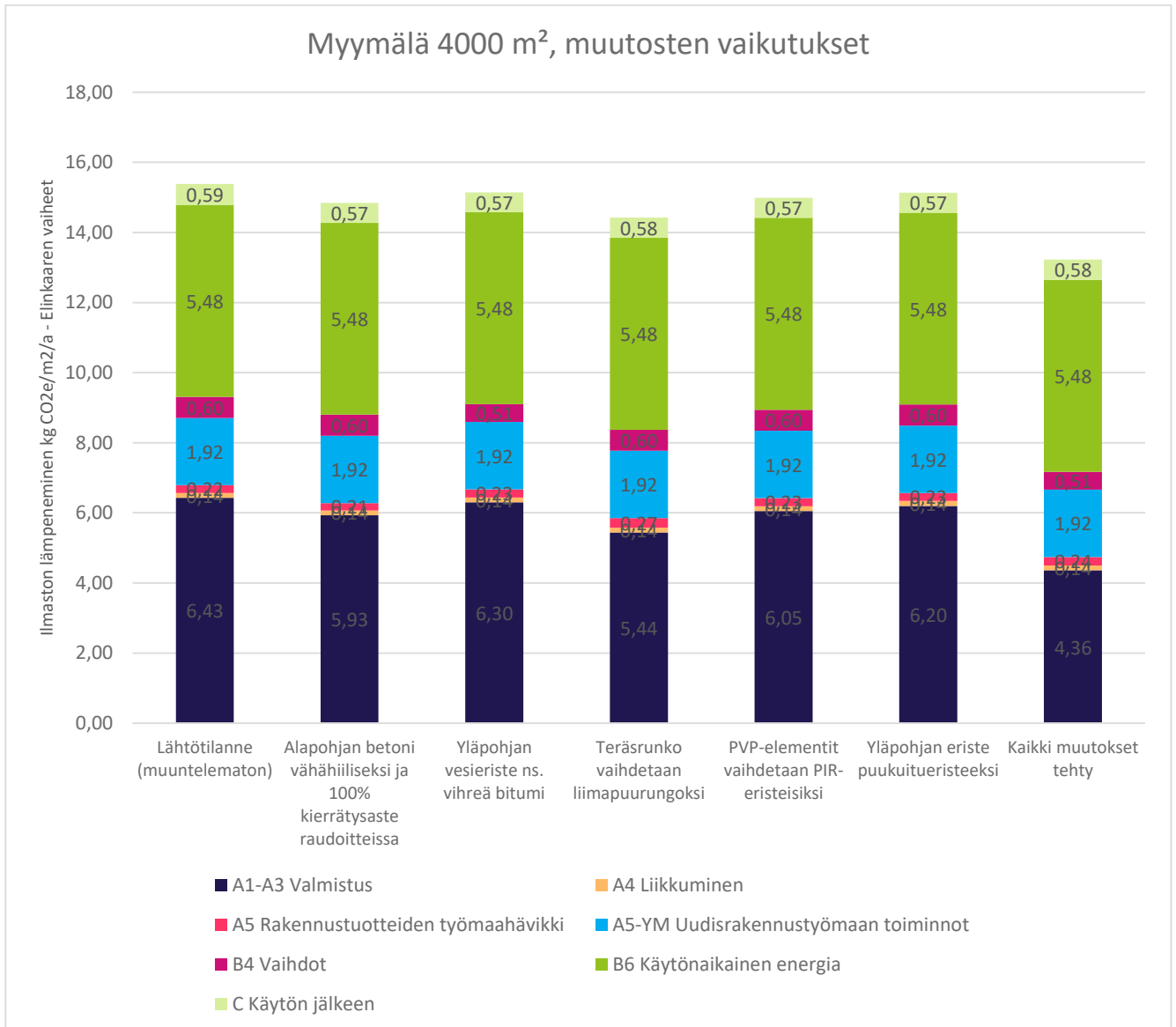
6.6 Materiaalivaihtoehtojen vaikutukset

Tässä luvussa on tarkoitus selvittää, kuinka suuri hyöty materiaalivaihdoista voitaisiin saavuttaa hiilijalanjäljen vähennyksenä. Vaihdot on esitetty toteutuneisiin hankkeisiin huoltamon 1400 m² ja myymälärakennuksien 4000 m² osalta. Hankkeet edustavat rakenteiltaan hyvin samantyyppisiä hallirakennuksia, vaikka liiketoiminta rakennusten sisällä onkin erilaista.

Päiväkotien materiaalivaihdoksien tutkimiselle ei nähty tarvetta johtuen Rakennusteollisuuden kattavassa raportissa tehdystä vertailusta ja yrityksen hankekannassa olevien päiväkotien esittämien erilaisten kokonaisuuksien pohjalta (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6).

Materiaalivaihtoja on esitetty sellaisiin rakenteisiin, joiden on havaittu vaikuttavan hankkeen materiaalista syntyvään hiilijalanjälkeen merkittävästi tätä raporttia varten laadittujen arvioiden perusteella. Materiaalivaihdot on toteutettu alapohjan, yläpohjan, rungon, ulkoseinän ja katteen osalta. Tarkoituksena on selvittää mahdollisimman monta rakennetta, joihin materiaalivaihdoilla voitaisiin vaikuttaa, sekä kunkin materiaalivaihdon hyödyn suuruus, kun tarkastelukohtana on vähähiilisyys.

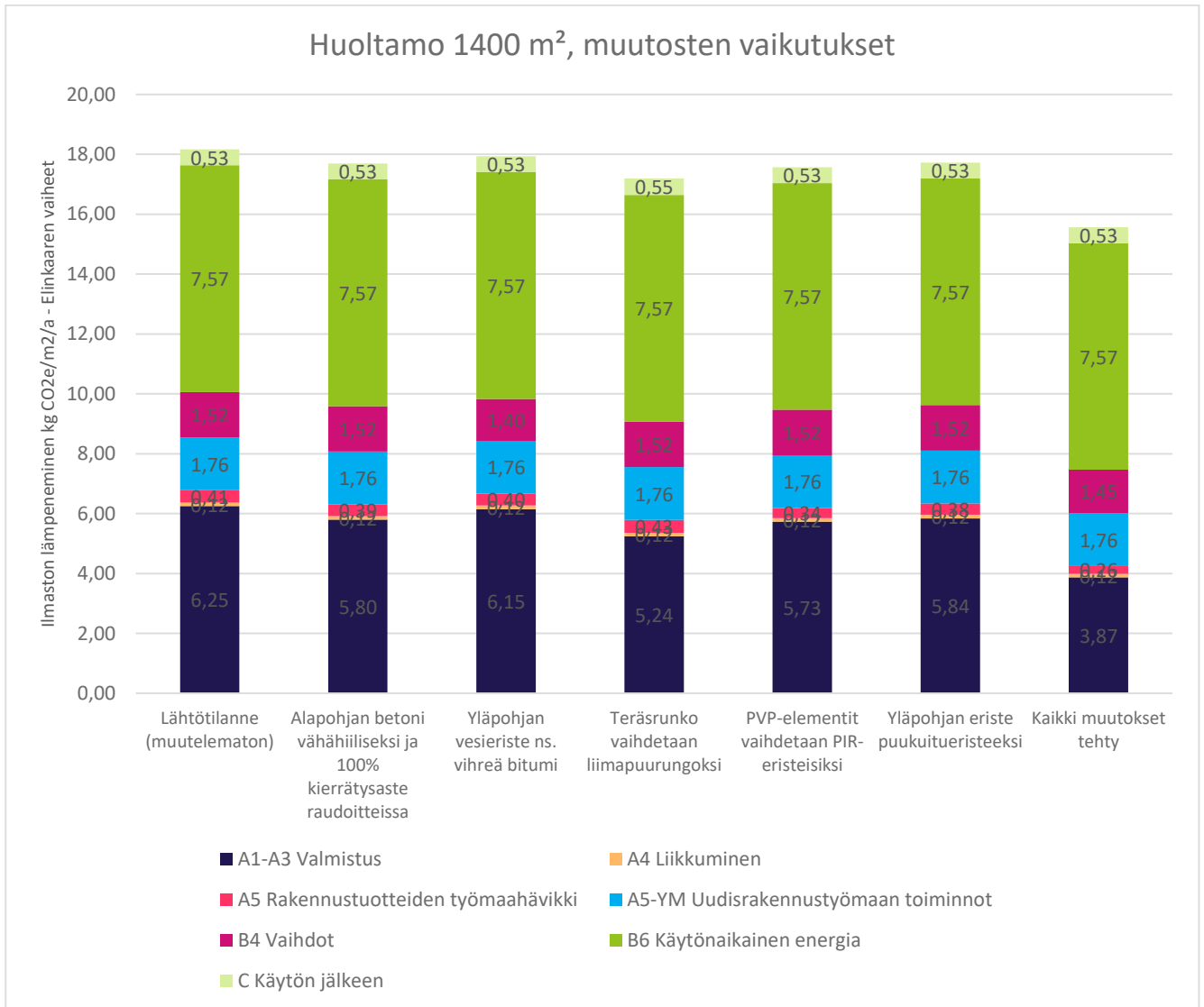
Alapohjan betonirakenteet on vaihdettu perinteisestä betonilaadusta vähähiilliseen betoniin (Rudus Vihreä betoni 60) ja alapohjalaatan raudoitteet vaihdettu 60 % kierrätysasteisesta raudoitteista 100 % kierrätysasteiseksi. Yläpohjan katerakenteen bitumieristeet on vaihdettu vähähiilliseksi kierrätetyksi materiaaliksi aluskatteen ja pintakerroksen osalta (Katepal, 2023). Hallirakennuksen alkuperäinen teräsrunko vaihdetaan liimapuurungoksi. Runkorakenteiden dimensiot on arvioitu hankkeen suunnitelmissa ilmenevien kuormien perusteella. Runko kattaa pilarit ja liimapuuharjapalkit. Rakennuksen jäykistykseen jätettiin 5 000 kg terästä huoltamorakennuksessa ja 10 000 kg terästä myymälärakennuksessa. Rakennusten ulkoseinän PVP-elementin vaihdossa on arvioitu rakenteen U-arvoa vastaava PIR-elementti, jotta energiankulutukseen liittyvät tekijät pysyisivät mahdollisimman muuttumattomina. Muutos tehtiin 240 mm mineraalivillaeristeisistä elementistä 120 mm polyuretaanieristeiseen elementtiin. Yläpohjanpuuelementin sisällä olevat mineraalivillaeristeet on vaihdettu puukuitueristeisiksi.



Kuvio 27. Materiaalivaihtojen vaikutukset myymälärakennukseen.

Taulukko 16. Kuvion 27 arvot taulukoituna. Kokonaisvaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen kaikilla vaihdoilla on n.14 %.

Moduuli	Lähtötilanne (muuntelematon)	Alapohjan betoni vähähiiliseksi ja 100% kierrätysaste raudoiteissa	Yläpohjan vesieriste ns. vihreä bitumi	Teräsrunko vaihdetaan liimapuurungoksi	PVP-elementit vaihdetaan PIR-eristeisiksi	Yläpohjan eriste puukuitueristeeksi	Kaikki muutokset tehty
A1-A3	6,43	5,93	6,30	5,44	6,05	6,20	4,36
A4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
A5	0,22	0,21	0,23	0,27	0,23	0,23	0,24
A5-YM	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
B4	0,60	0,60	0,51	0,60	0,60	0,60	0,51
B6	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48
C	0,59	0,57	0,57	0,58	0,57	0,57	0,58
A-C	15,38	14,85	15,15	14,43	14,99	15,14	13,23
Osuus alkuperäisestä	100 %	96,5 %	98,5 %	93,8 %	97,4 %	98,4 %	86,0 %
Erotus alkuperäiseen	0,0 %	3,5 %	1,5 %	6,2 %	2,6 %	1,6 %	14,0 %



Kuvio 28. Materiaalivaihtojen vaikutus huoltamorakennukseen.

Taulukko 17. Kuvion 28 arvot taulukoituna. Kokonaisvaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen kaikilla vaihdoilla on n.14,3 %.

Moduulit	Lähtötilanne (muuttele-maton)	Alapohjan betoni vähähii-liseksi ja 100 % kierrätysaste raudoitteissa	Yläpohjan ve-sieriste ns. vih-reä bitumi	Teräsrunko vaih-detaan liimapuurungoksi	PVP-elementit vaihdetaan PIR-eristeisiksi	Yläpohjan eriste puukui-tueristeeksi	Kaikki muutok-set tehty
A1-A3	6,25	5,80	6,15	5,24	5,73	5,84	3,87
A4	0,41	0,39	0,40	0,43	0,34	0,38	0,26
A5	0,41	0,39	0,40	0,43	0,34	0,38	0,26
A5-YM	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
B4	1,52	1,52	1,40	1,52	1,52	1,52	1,45
B6	7,57	7,57	7,57	7,57	7,57	7,57	7,57
C	0,53	0,53	0,53	0,55	0,53	0,53	0,53
A-C	18,16	17,69	17,93	17,19	17,57	17,73	15,56
Osuus al-kuperäi-sestä	100 %	97 %	99 %	95 %	97 %	98 %	86 %
Erutus alkupe-räiseen	0,0 %	2,6 %	1,3 %	5,4 %	3,3 %	2,4 %	14,3 %

7 Hankkeiden hiilijalanjäljen tulosten arviointi

7.1 Vertailtujen hankkeiden tulokset yleisesti

Yrityksen hanketyypit eivät vastaa kaikilta osin Bionovan ja Rakennustiedon esittämien raporttien vastaavia mallihankkeita annettujen kuvausten tai tulosten osalta. Esitetyistä raporteista voidaan kuitenkin poimia yhtäläisyyksiä ja poikkeavuuksia ja pohtia niiden merkitystä ja vaikutusta tämän raportin esittämään sisältöön.

Bionovan raportissaan esittämät opetusrakennukset ovat raportin mukaan pääsääntöisesti kouluja, joiden keskikoko on yli 2500 m² (Bionova, 2021, s. 14). Tätä raporttia varten laaditut arvioit eivät sisällä kouluja. Kouluissa sekä päiväkodeissa saattaa olla monia eri käyttötarkoitukseen tehtyjä tiloja, jotka voivat myös vaikuttaa taloteknisiin järjestelmiin, niiden sisältöön ja laajuuteen.

Bionovan esittämät myymälärakennukset edustavat yli 4000 m² kokoluokkaa (Bionova, 2021, s. 14). Yrityksen omissa myymälähankkeissa on huomioitava niiden erilaisuus, etenkin talotekniikan osalta. Toisissa myymälöissä voi olla jäähdytettävää tilaa esimerkiksi elintarvikkeita varten ja toisissa myymälöissä ei ole tarvetta kuin henkilökunnan pienien tilojen jäähdytykselle. Raportista havaittiin lisäksi, että esimerkiksi myymälärakennukset poikkeavat runko- ja julkisivumateriaaleiltaan yrityksen hankkeista (Bionova, 2021 s. 15).

Bionovan tai Rakennusteollisuuden raporteissa ei ilmene vastaavia huoltamorakennuksia, mitä yrityksen hanketietokannassa on, joten johtopäätökset joudutaan arvioimaan vertailemalla hankkeita keskenään sekä vertailemalla niitä muun tyyppisten rakennusten kanssa. Tämän raportin myymälärakennukset ovat rakenneratkaisuiltaan saman tyyppisiä rakennuksia kuin huoltamorakennukset.

7.1.1 Myymälät

Tulokset osoittavat, että yrityksen hankkeissa on keskivertotasoa suurempi hiilijalanjälki myymälärakennuksien osalta. Tämä ilmenee vertaamalla Bionovan raportin tuloksiin (Bionova, 2021 s. 35). Osasyynä Bionovan raportin ja yrityksen hankkeiden hiilijalanjäljen eroavaisuuteen voidaan pitää hankkeiden kokoeroa. Voidaan olettaa, että pienemmissä hankkeissa on

suhteessa suurempi hiilijalanjälki, koska niissä esiintyy samoja tekijöitä, kuten esimerkiksi talotekniikkaa kuin suuremmassakin hankkeessa, mutta hiilijalanjälki jakaantuu pienemmälle pinta-alalle.

7.1.2 Huoltamot

Huoltamorakennuksista on havaittavissa, että huoltamon 1500 m² kevytsoralla kevennetty lattiarakenne on huono ratkaisu vähähiilisyden näkökulmasta. Kevytsorakerros toimii myös lattian eristemateriaalina ja siten ei voi olla osa rakennuspaikkaan kuuluvia perustuksia (Ympäristöministeriö, 2022, s. 10–11). Tämä aiheuttaa lattiarakenteelle lähes kaksinkertaisen hiilijalanjäljen muihin huoltamorakennuksiin verrattuna. Materiaalien erotukset lattiarakenteiden osalta on esitetty liitteessä 1.

7.1.3 Päiväkodit

Yrityksen päiväkodit, joissa on lämmitysmuotona maalämpö ovat Bionovan esittämää keskiarvoa paremmat (Bionova, 2021 s. 17). Tämä on havaittavissa taulukosta 14 ja kuviosta 20. Yrityksen päiväkodeissa on kokonaishiilijalanjäljen osalta yhtäläisyyksiä Rakennustiedon teettämän tutkimuksen kanssa, kun verrataan saman tyyppisiä hankkeita keskenään (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6). Suurimmat poikkeavuudet havaittiin materiaalien A1-A3 ja vaihtojen B4 osalta (esitetty taulukoissa 9–11 ja kuvioissa 15–17). Tämä saattaa johtua ilmoitetun materiaalin laajuudesta tai materiaalilla saavutetusta energian tarpeen vähennyksestä, energian kulutuksen ollessa jonkun verran pienempi kuin esim. vertailuissa käytetyissä kaukolämmöllä varustetuissa hirsirunkoisissa päiväkodeissa.

7.2 Talotekniikan materiaalit ja pinta-alaperusteinen arviointi

Kuviot 22–24 esittävät hankkeista arvioidun talotekniikan osien hiilijalanjäljen ja sen vertailua kansallisessa tietokannassa yleisesti käytössä olevaan tietoon. Kansallisen tietokannan tieto on peräisin konsulttiyhtiö Swecon 19.3.2021 laatimasta raportista (Sweco, 2021, s. 2).

Swecon raportissa on esitetty pinta-alaperusteiset arvot rakennetyypeittäin, jotka eivät välttämättä vastaa toteutunutta hankkeen materiaalin hiilijalanjälkeä talotekniikan osien osalta. Syynä saattaa olla mm. raportin vähäinen tilastollinen otanta, tilastoitujen hankkeiden suuri

koko ja hankkeiden rakennustekniset ominaisuudet (Sweco, 2021, s. 2–4). Raportissa ei ole kuvattu tarkasti, minkä tyyppinen hanke on todellisuudessa kyseessä, mikä vaikeuttaa talotekniikan laajuuden hahmottamista ja vertailua esimerkiksi yrityksen hankkeisiin.

Esimerkiksi myymälärakennuksista Swecon raporttiin on valikoitu vain yksi noin 2400 m² kokoinen rakennus (Sweco, 2021, s. 4). Rakennuksessa lämmitysmuotona toimii ilmavesilämpöpumppu. Rakennuksen palontorjuntaa edesauttava sprinklerijärjestelmä on arvioitu saman raportin toimistorakennusten järjestelmien perusteella. Raportti antaa mielikuvan siitä, että hankkeesta ei olisi suunnitelmia, jonka perusteella sen talotekniikan osat olisi voitu arvioida.

Kuviot 22 ja 23 näyttävät yrityksen hankkeiden suunnitelmista tehtyjen tarkkojen arviointien arvot osoittautuvat lähes poikkeuksetta suuremmiksi kuin Swecon raportin rakennustyyppi-kohtainen pinta-alaperusteinen arviointi olisi (Sweco, 2021, s. 9). Tämä osoittaa, että kansallisen tietokannan lämpimään pinta-alaan perustuva arviointi on liian pieni verrattuna yrityksen hankkeisiin ja saattaisi aiheuttaa ongelmia sellaisessa tilanteessa, jossa arvioiti olisi päivitettävä vastaamaan toteutunutta. Tilanne voisi syntyä silloin, kun rakennusluvan yhteydessä talotekniikan materiaalien hiilijalanjäljen arviointi toteutettaisiin pinta-alaperusteisesti kansallisen tietokannan arvoilla ja myöhemmin päivitetäisiin hankkeen käyttöönotossa vastaamaan toteutunutta talotekniikkaa.

Myymälärakennuksien osalta suurin havaittu ero oli lähes kaksinkertainen, kun hankkeen talotekniikan materiaali päästöt arvioitiin suunnitelmien perusteella ja tuloksia verrattiin pinta-alaperusteiseen arvoon (Kuvio 22).

Huoltamorakennuksissa kahdessa lähes samankokoisessa tilassa eroa hankkeiden talotekniikan materiaalien hiilijalanjäljen välillä oli noin 35 % (Kuvio 24). Merkittävin vaikutus eroon tulee lämmitysmuodon valinnasta (Liite 1, sivut 9–11).

Ilmanvaihtokoneen sijainnilla saattaa olla rakennuksessa suuri merkitys talotekniikan materiaalien hiilijalanjälkeen. Mikäli rakennuksessa sijaitseva ilmanvaihtokone on sijoitettu keskeisesti rakennuksen pinta-alaan nähden, tarvitaan mahdollisesti vähemmän IV-kanavia. Joh-tuen pienemmistä välimatkoista ja kanaviin liittyvien tilojen määrästä, kanavat saattavat olla myös kooltaan pienempiä. Huoltamo 1400 m² ilmanvaihtokone on rakennuksen toisessa reu-nassa, kun taas huoltamossa 1500 m² se on sijoitettu keskeisesti. Ero näiden rakennusten ilmanvaihdon materiaalien hiilijalanjäljessä on noin 50 % (Liite 1, sivut 9–11).

Päiväkotien osalta tilanne näyttää hyvin tasaiselta verrattuna Swecon laatimaan raporttiin. Swecon raportin laskennassa on kuitenkin huomioitu ns. konservatiivisuuskerroin, jolla on saatu 1,2-kertainen tulos (Sweco, 2021, s. 8). Vastaavat arvot tässä opinnäytetyössä tulisivat olla noin 20 % saatuja tuloksia pienemmät, jotta ne vastaisivat Swecon laatiman raportin tuloista.

Yrityksen hankkeiden talotekniikan materiaalien arvioinnissa on myös käytetty yleisesti hyväksytyjä teknisiä käyttöikä. Tekniset käyttöiät talotekniikan materiaaleille löytyvät RT-kortista RT 18-10922. Tekninen käyttöikä vaikuttaa moduuliin B4 (materiaalivaihtoihin).

Mikäli esimerkiksi käytetään OneClickLCA-ohjelmistoa ja valitaan pinta-alaperusteinen arvio talotekniikan materiaaleista, tällöin voidaan vaikuttaa ainoastaan koko talotekniikan tekniseen käyttöikään. Tämä tuskin antaa oikeaa kuvaa siitä, miten usein taloteknisiä osia todellisudessa vaihdetaan tai mikä on keskimääräinen tekninen käyttöikä kaikkien taloteknisten materiaalien suhteen. Ohjelmiston oletusarvo pinta-alaperustein valitun talotekniikan tekniselle käyttöiälle on 25 vuotta.

Ongelmaksi pinta-alaperusteisessa arviossa muodostuvat talotekniset osat, jotka poikkeavat merkittävästi 25 vuoden keskivaihtovälistä. Tällaisia voivat olla mm. kaapelit, suojaputket, kaapelihyllyt, sähkökeskukset, vesikiertoiset lamellipatterit, kaivot, viemärit, säiliöt, WC-kalusteet, lämmitysvesiputket, käyttövesiputket ja ilmavaihtoputket, jotka voivat ylittää sen. Esimerkiksi moottoriventtiilit, sähkökäyttöiset lämmityspatterit, ilmalämpöpumput ja nestejäähdyttimet taas alittavat pinta-alaperusteisesti asetetun 25 vuoden teknisen käyttöiän (Rakennustieto, 2008, s. 13–31).

Taulukko 5 ja kuvio 11 osoittavat myymälärakennuksien vaihtojen B4-summan kaikkien materiaalien osalta. Niissä hankkeissa, joissa talotekniikan osien arviointi on toteutettu suunnitelmien perusteella ja tekninen käyttöikä korjattu vastaamaan materiaalien todellisia keskimääräistä teknistä käyttöikää on moduulin B4 arvot yli kaksi kertaa pienemmät kuin että arviointi olisi tehty pinta-alaperusteisesti 25 vuoden arvolla.

Suurimmat erot vaihtojen B4 välillä ovat ilmanvaihto ja lämmitys, kun vertaillaan pinta-alaperusteista arviointia ja suunnitelmien perusteella tehtyä arviointia. Näille ei RT-kortin RT 18-10922 mukaan tarvitsisi tehdä lainkaan vaihtoja rakennuksen eliniän aikana (Rakennustieto,

2008, s. 7, 24). Edellä mainittu pienentää vaihdoista B4 aiheutuvaa hiilijalanjälkeä merkittävästi, osien ollessa merkittävä osa talotekniikan materiaaleista. Talotekniikan materiaalien sisällön osuuksien suhteet ovat havaittavissa liitteestä 1.

7.3 Työmaatoiminnot

Kuviot 25 ja 26 esittävät työmaatoimintojen A5-moduulin hiilijalanjälkeä. Hirsirunkoisen päiväkotin 950 m² työmaalta kerätty tieto myötäilee hyvin pinta-alaperusteisesti Keskisaloon laatimaan raportin tulosta (Keskisalo, 2020, s. 4, 71). Keskitalon raportissa on esitetty rakennushankkeena CLT-runkoinen 3090 m² koulu.

Kansallisen tietokannan yleiset työmaatoiminnot ovat suuruudeltaan lähes kaksinkertaiset saatuihin tuloksiin verrattuna. Tähän saattaa vaikuttaa rakennuksen runkoon liittyvät poikkeavat työmenetelmät. Kansallisen tietokannan arvo perustuu raporttiin Report – Process - Construction site (A5), jossa tilastollinen otanta on varsin pieni (Häkkinen ym., 2021, s.2). Hankkeiden koko on myös verrattain suuri ja betonirunkoisia hankkeita otannasta on noin puolet. Betonirungon valu, kuivatustyöt ja lämmitys kasvattavat työmaalla energiankäyttöä ja pidentävät rakennustyömaan kestoa (Sweco, 2022, s.63, 72). Työmaalla tehdyt paikallavalutyöt lisäävät myös muottien purkutöistä syntyvää jätettä (Sweco, 2022, s. 40–43).

Bionova esittää raportissaan myös rakennuksen bruttopinta-alaan perustuvan arvion työmaan jätteestä. Raportin taulukossa ilmenee muun tyyppisten rakennuksien kohdalla yhteisarvo kaikelle jätteelle 32,90 kg/ brm² (Bionova, 2021, s. 13). Jos Bionovan esittämä määrä muutettaisiin vastaamaan 950 m² rakennusta, jätteen kokonaismäärälle saataisiin arvo 31 255 kg, joka on lähellä toteutunutta arvoa 35 060 kg.

Elementtirakentaminen voidaan katsoa työmaatoimintoja pienentävänä tekijänä energian, mutta myös hävikin suhteen. Esimerkiksi hirsirakenteisessa rungossa ei ole työmaalla sen veistoon tai katkaisuun käytettyä energiaa lankaan, mutta esimerkiksi paikallavalettu betonirunko kuluttaa pääosin työmaalla käytettävää energiaa. Elementtirakentamisessa hävikki taas ei kulkeudu työmaalle muuten kuin mahdollisen elementtien jälkityöstön jätteen muodossa. Elementtejä valmistava tehdas luonnollisesti siirtää kuluttamansa energian tuotteen hiilijalanjälkeen, mutta se on todennäköisesti merkittävästi pienempi kuin työmaalla tehtävä paikalle rakennettu vastaava tuote. Tämä johtuu elementtitehtaan automatisoidusta, tehokkaasta ja nopeasta valmistusprosessista (Palomäki, 2018, s. 2). Raportissa Report – Process

- Construction site (A5) ei ole lainkaan huomioitu elementtirakentamisesta saatavia vähähiilisiä etuja työmaatoimintoihin.

7.4 Materiaalimuutosten vaikutukset

Taulukoista 16 ja 17 sekä kuvioista 27 ja 28 on havaittavissa materiaalivaihtojen vaikutukset yrityksen myymälä- ja huoltamohankkeissa. Tulee kuitenkin huomioida, että kaikki materiaalivaihdot eivät välttämättä ole mahdollisia kaikissa tilanteissa. Tämä voi johtua esimerkiksi palo-, ääni- tai kuormitusvaatimuksista. Vaihdoilla voi olla myös työmaateknisiä vaatimuksia, jotka muuttavat työmaan toteutuksen aikataulua, kustannuksia tai vaihdot eivät ole muuten teknisesti toteutuskelpoisia käytettävissä olevilla resursseilla. Edellä mainittuja asioita ei ole huomioitu tämän raportin materiaalivaihtojen elinkaariarvioinnissa.

Materiaalivaihtojen kokonaisvaikutusmahdollisuus rakennustyypeissä myymälät ja huoltamot on noin 14 %. Runkoon ja alapohjaan liittyvissä materiaalivaihdoissa hiilijalanjälkisäästö on yhteensä lähes 10 % molemmissa rakennustyypeissä. Materiaalivaihdoilla ei myöskään olisi merkittävää vaikutusta B4-moduulin hiilijalanjälkeen. Molemmat rakenteet voidaan katsoa rakennuksen elinikäisiksi (Rakennustieto, 2008, s. 4–6). Materiaalivaihdoilla ei ollut myöskään vaikutusta elinkaaren aikaiseen energiakulutukseen B6, varsinkaan, mikäli lämmöneristävyyden vihreällä betonilla ei merkittävästi eroaisi perinteisellä betonilaadulla valmistetusta rakenteesta.

Liite 1 osoittaa, että pääsääntöisesti alapohjan rakenteet näyttelevät materiaalien kokonaishiilijalanjäljestä noin 20 % osuutta. Säästö jää kuitenkin varsin vaatimattomaksi siirryttäessä vähähiiliseen betoniin, kun tarkasteltavana on koko elinkaaren aikainen hiilijalanjälki. Taulukoista 16 ja 17 voidaan osoittaa, että hiilijalanjäljen säästö on 2,6 % huoltamorakennuksessa ja 3,5 % myymälässä.

Rakennuksen runkoa muuttamalla päästään kuitenkin parhaaseen yksittäiseen vaihdoksen aiheuttamaan muutokseen. Taulukot 16 ja 17 osoittavat hiilijalanjäljen vähennyksen olevan huoltamorakennuksella noin 5,4 % ja myymälärakennuksella noin 6,2 %.

Rakennusteollisuuden teettämässä raportissa materiaalivaihdoissa on huomioitu myös energian vaikutukset (Rakennusteollisuus, 2022, s. 6). Raportin esittämässä kaukolämpöisessä

päiväkodissa saadaan noin 10 % säästö kokonaishiilijalanjälkeen, kun betonirunkoisesta päiväkodista siirrytään rankarunkoiseen päiväkotiin. Rakennusteollisuuden raportista selviää myös, että siirryttäessä hirsirunkoisesta päiväkodista rankarunkoiseen on koko hankkeen hiilijalanjälkeen noin 6 % pienempi kuin hirsirunkoinen rakenneratkaisu. Yllä esitetyt asiat on esitetty myös tähän raporttiin kootusta taulukosta 14 ja kuviosta 8.

7.5 Energian vaikutukset kokonaishiilijalanjälkeen

Vaikka tässä raportissa ei ole esitetty itse arvioitujen hankkeiden lämmitysmuotojen tai energiantuotannon muutoksien vaikutuksia, niitä voidaan kuitenkin arvioida saman tyyppisten hankkeiden välillä. Vertailua ja arviointia voidaan tehdä saatavilla olevaan julkiseen tietoon. Tiedolla voidaan vahvistaa tai kyseenalaistaa saatuja tuloksia.

Energiatehokkuuden hiilijalanjäljen tulokset on arvioitu hankkeista laadittujen arvioiden täyden vertailukelpoisuuden olettamusten perusteella, jotta tässä osiossa saataisiin suuntaa antavia tuloksia ohjaamaan myöhempää suunnittelua ja rakentamista. Rakennusten tekniikassa ja ulkovaipan lämpöeristävyudessa havaittiin vain vähäisiä eroavaisuuksia arvioitujen hankkeiden välillä, mutta esimerkiksi rakennuksen pohjan koko ja tilojen korkeus vaikuttaa energialaskelman tulokseen edellä mainittujen tekijöiden lisäksi.

7.5.1 Myymälät

Myymälärakennuksissa yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö, vain myymälärakennuksen 2200 m² lämmitysmuotona toimi maalämpö. Myymälät 2200 m² ja 4000 m² ovat ilmantiiveysmitattuja kiinteistöjä.

Ilmanvuotoluku myymälässä 4000 m² oli 1,1 m³/(h m²) q50 ja myymälässä 2200 m² se oli 1,2 m³/(h m²) q50. Vähäinen vuotoilma saattaa näytellä suurtakin osaa energiatehokkuuden laskennassa ja sitä kautta heijastuu vähähiilisenä elinkaariarviointiin.

Ilmantiiveysluvuksi q50 on asetettava arvo 4,0 m³/(h m²) vuoden 2018 jälkeen rakennetuissa rakennuksissa, mikäli kiinteistössä ei toteuteta erillistä mittausta. Mikäli mittaus toteutetaan rakennuksen käyttöönoton yhteydessä voidaan rakennushankkeen suunnittelussa asettaa ilmanvuotoluvuksi 2,0 m³/(h m²) ja toteutunut tulos rakennuksen valmistumisen yhteydessä toteutetulla mittauksella (Myryläinen, 2019, s. 44).

Mikäli neljää kaukolämmöllä varustettua myymäläkiinteistöä verrataan keskenään jaotellen ne ilmantiiveysmitattuihin ja mittaamattomiin, on kiinteistöjen välillä keskiarvallisesti noin 27 % ero käyttöaikaisen energian B6 hiilijalanjäljessä (taulukko 5 ja kuvio 11). Edellä mainittu siis sillä olettamalla, että kaikki neljä kiinteistöä olisivat muilta kuin ilmantiiveyden laadulta suunnilleen samaa luokkaa energiatehokkuuden osalta. Taulukosta 5 on havaittavissa, että energian käyttö B6 kiinteistöissä on suunnilleen saman suuruinen, mikä puoltaisi väitettä.

Ilmantiiveysmitattujen kiinteistöjen laskennallinen energiakulutuksen hiilijalanjälki on jopa hie- man pienempi kuin maalämmöllä varustetun myymälän 2200 m², johon ei ole teetetty ilmatii- veysmittausta. Ilmantiiveyden mittauksen vaikutusta koko elinkaaren aikaiseen hiilijalanjäl- keen voidaan tarkastella, kun vertaillaan kokonaisenergiakulutuksen suhdetta elinkaaren si- sällä. Ne hankkeet, joissa ilmantiiveyttä ei mitattu on käytönaikainen energian B6 osuus koko elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä lähes puolet (liite 1 sivut 2 ja 5). Jos mittaus toteutettiin, on käytönaikaisen energian B6 osuus noin kolmasosa elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä (liite 1 sivut 3 ja 4). Ilmantiiveysmittauksen kautta saatavaan vähennys kokonaishiilijalanjäl- keen on saman tyyppisillä rakennuksilla noin 12–13 %, mikäli todennettu ilmantiiveys on noin 1,1 m³/(h m²) q50. Pelkän maalämmön vaikutus kokonaishiilijalanjäljen vähennykseen verrat- taessa kaukolämpöön on taulukon 5 ja kuvion 11 perusteella noin 12 % samaa päätelmää hyödyntäen.

Yrityksen rakennuttamille kiinteistöille ei kuitenkaan kyseisten kiinteistöjen osalta ole asetettu erillistä vaatimusta ilmatiiveyden suhteen tai esitetty mittauksen tarvetta. Mikäli vaatimus olisi asetettu, voitaisiin olettaa asian saavan myös erityistä huomiota rakennusurakoitsijan puo- lelta. Asettamalla mittaus pakolliseksi kaikissa kiinteistöissä voitaisiin saavuttaa myös parem- pia ilmantiiveyden ja hiilijalanjäljen tuloksia.

7.5.2 Huoltamot

Huoltamon 1400 m² lämmitysmuoto on vesi-ilmalämpöpumppu, huoltamon 2150 m² maa- lämpö ja huoltamon 1500 m² kaukolämpö. Mikäli huoltamoiden lämmitysmuotoja verrataan keskenään, voidaan osoittaa, että maalämpö on 40 % vähähiilisempi kuin kaukolämpö käy- tönaikaisen energian B6 osalta, kun taas vesi-ilmalämpöpumppu on noin 30 % vähähiilisempi käytönaikaisen energian B6 osalta kuin kaukolämpö (kuvio 13 ja taulukko7).

On huomioitavaa, että kiinteistöjen välillä saattaa olla pieniä eroavaisuuksia. Huoltamoissa 1500 m² ja 1400 m² kiinteistöjen toiminta, ulkomuoto ja talotekniikka on kuitenkin muilta osin täysin saman tyyppistä, mikä kasvattaa tulosten vertailukelpoisuutta ja tarkkuutta. Huoltamohankkeiden kokonaishiilijalanjäljen vähennys voisi olla noin 20–30 %, kun lämpöpumppuja verrataan kaukolämpöön. Tilastollinen otanta on kuitenkin varsin pieni varsinaisien arvojen määrittämiseksi. Huoltamohankkeissa käytönaikaisen energian B6 osuus kokonaishiilijalanjäljestä on 37–53 %, kuten tämän raportin liitteessä 1 sivuilta 9–11 on nähtävissä.

7.5.3 Päiväkodit

Päiväkodissa 1500 m² käytetyt aurinkopaneelit vähentävät ostoenergiatarvetta, mutta lisäävät materiaalien A1-A3 ja vaihtojen B4 hiilijalanjälkeä. Saman tyyppinen havainto on tehty myös Rakennusteollisuuden raportissa (Rakennusteollisuus, 2022, s. 11). Siinä ilmoitettu käytönaikaisen energian B6 pienennys 200 m² aurinkopaneelientällä on noin 9 %, mutta koko hankkeen kokonaishiilijalanjälki kasvaa noin 3 %. Tämä johtuu pääosin lisääntyneestä hiilijalanjäljestä materiaaleissa A1-A3 ja vaihdoissa B4. Suunnilleen samansuuruinen ero näkyy taulukossa 9 ja kuvioista 15, jossa verrataan maalämmöllä varustettua yrityksen päiväkotia sekä Rakennusteollisuuden arvioimaa päiväkotia samoilla ominaisuuksilla, mutta ilman aurinkopaneeleita (Rakennusteollisuus, 2022, s. 11).

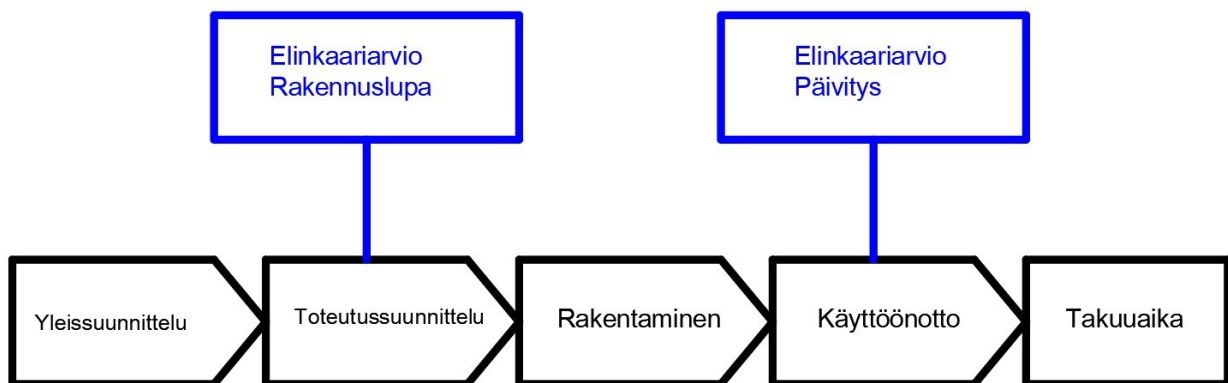
Aurinkopaneeleista saatava hyöty käytönaikaiseen energiaan B6 voi johtua paneelien mitoituksen suuruudesta, vaikka paneelien fyysinen pinta-ala olisikin suunnilleen sama (Myyryläinen, 2019, s. 66–68). Tämä tulisi kuitenkin simuloida, sillä aurinkopaneelien sijoittelusuunnalla, maantieteellisellä sijainnilla, asennuskulmalla, hyötysuhteella ja lämpötilalla on merkitys niistä saatavan energian määrään. Simulointi tulisi suorittaa myös myytävän energian osalta. Ympäristöministeriön arvioitimenetelmä ei tunnista ulosmyytävää energiaa hiilijalanjäljen vähennyksenä, vain hiilikädenjäljen suuruutena, joten sen hyötyä ei voida hiilijalanjäljen arvioissa huomioida, kun tarkastellaan ainoastaan hiilijalanjälkeä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 26). Korkean materiaalin valmistuksen hiilijalanjäljen takia aurinkopaneelien käyttö hankkeessa heijastuu negatiivisena tuloksena, kun niistä saatavaa hyötyä ei voida esittää kokonaisuudessaan hiilijalanjälkeä pienentävänä arvona (Rakennusteollisuus, 2022, s. 11).

Päiväkotien eri energiamuotojen ja rakennusratkaisujen elinkaaren aikainen ero on havaittavissa Rakennustiedon raportissa (Rakennustieto, 2022, s. 6) sekä tämän raportin kuviossa 14 ja taulukossa 8.

8 Suunnittelun ohjaus vähähiiliseen rakentamiseen

WasaPlan Oy toteuttaa hankekehityssuunnittelua WasaGroup Oy:lle ja rakennuksen toteutusvaiheen suunnittelua urakoitsijalle vaihtelevalla laajuudella. Suunnittelu noudattaa hyvin perinteistä kaavaa hankkeen eri vaiheissa. Hankesuunnittelu käynnistetään jo ennen vuokrasopimuksen syntymistä, että vuokralaiselle voidaan esitellä toteutettavaa hanketta. Tyypillisesti suunnittelu on ollut yrityksen hankekehityksen projektipäällikön tai rakennuttajan ohjattavana rakennuslupa-asti, jonka jälkeen suunnittelun vastuu on urakoitsijalla.

Rakentamislakiuudistuksen myötä vähähiilisuuden tavoitteet lisäävät vaatimuksia suunnittelunohjaukselle, sillä kussakin hankkeessa on suoritettava vähimmillään kaksi elinkaariarviota. Elinkaariarvio tulee laatia ensimmäisen kerran rakennuslupahakemuksen yhteydessä sekä päivittää hankkeen käyttöönottovaiheessa (Ympäristöministeriö, 2022, s. 35). Lähtökohtainen ajatus on, että elinkaariarvio pitää päivittää energiatodistuksen tavoin vastaamaan toteutettua rakennusta. Uuden rakentamislain esittämät pakolliset elinkaariarviot on esitetty kuviossa 29.



Kuvio 29. Rakentamislakiuudistuksessa esitetyt pakolliset elinkaariarviot hankevaiheissa (Ympäristöministeriö, 2022).

Pelkästään kahden arvion varaan jäävä hanke voi kuitenkin olla hankala toteuttaa, koska hiilijalanjäljen seuranta saattaa olla vaikeaa koko hankkeen aikana (Savolainen ym., 2023, s. 76).

Rakentamislakiuudistuksen mukaisesti on hankkeelle asetettava keskeisiä hiilijalanjälkitavoitteita jo varhaisessa vaiheessa hankekehitystä (Savolainen ym., 2023, s. 40, 77–79). Suunnittelun edetessä tulisi keskittyä hiilijalanjäljen pienentämiseen suhteessa hankkeen kustannuksiin. Tarkastelua voidaan toteuttaa useampaan otteeseen hankkeen aikana, jotta tavoitteisiin varmasti päästäisiin.

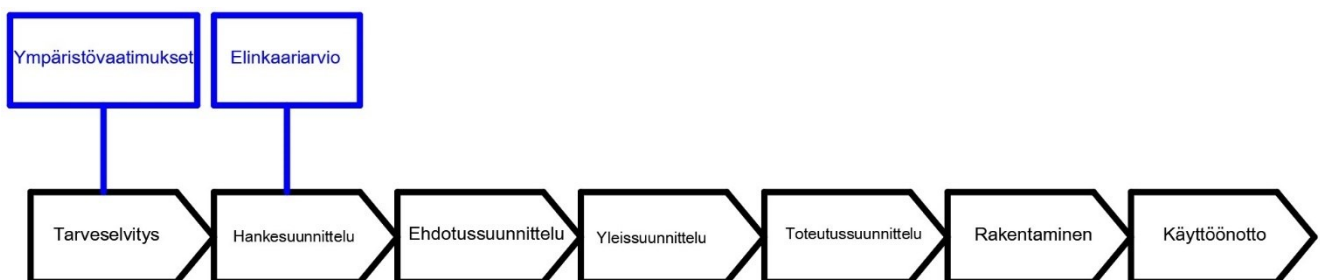
Keskeiset tavoitteet eivät saisi olla liian tiukkoja, jotteivat ne sulkisi pois vaihtoehtoisia ratkaisuja ja siten rajoittaisi prosessin kehitystä jo varhaisessa vaiheessa (Savolainen ym., 2023, s. 77). Vähähiilisyiden tavoitteiden asettamisessa suurimpana haasteena on yleensä vertailutietojen ja arvojen puuttuminen. Yksittäiselle hankkeelle on haastavaa asettaa hiilijalanjäljelle omaehtoista ja tavoitteellista raja-arvoa, johon tulisi pyrkiä hanketta eteenpäin vietäessä. Vähähiiliseen tavoitteeseen olisi pyrittävä ilman, että kiinteistön käytettävyys tai käyttötarkoitus kärsisi.

Hankkeelle voitaisiin asettaa hiilijalanjäljen tavoitteellinen raja-arvo vertailu- tai referenssitiedolla (jätkilaskentatieto) tai arvioimalla hanke perinteisesti toteutettavien ratkaisujen mukaisesti (Savolainen ym., 2023, s. 77).

Luvussa 6 esitettyjen arviointituloksien ja tulevaisuudessa kerättävän tiedon perusteella voitaisiin laatia listaus hanketyyppikohtaisesti. Tästä voitaisiin poimia pinta-alan perustuvaa tietoa hankkeiden hiilijalanjäljen käyttäytymisestä tietyillä ominaisuuksilla.

Suunnitteluprosessin tulisi perustua selkeiden tavoitteiden asettamiseen ja niiden seuraamiseen suunnitteluprosessin aikana (Savolainen ym., 2023, s. 76). On tärkeää, että elinkaariarviota voidaan toteuttaa jatkuvasti hankkeen suunnittelun edetessä, jotta suunnitteluratkaisuja voidaan todentaa oikea-aikaisesti ja palauttaa uusien ratkaisujen löytämiseksi.

Hankesuunnitteluvaiheessa suunnittelu on vietävä sille tasolle, millä elinkaariarviointi voidaan toteuttaa ensimmäisen kerran ja määrittää hiilijalanjäljen kannalta hankkeen oleelliset ratkaisut. Toteutussuunnittelun aikana on määriteltävä hankkeen lopullinen hiilijalanjälki ja siihen on päivitettävä hankesuunnitteluvaiheessa tehdyt oletukset (Savolainen ym., 2023, s. 76). Kuvio 30 kuvaa hankekehitysprosessia ja hankesuunnittelun elinkaariarviota.



Kuvio 30. Hankekehitysprosessi vaatii elinkaariarvion jo hankesuunnitteluvaiheessa, jos hankkeelle asetetaan vähähiilisyiden tavoitteita esimerkiksi ympäristösertifikaatin muodossa (Savolainen ym., 2023).

Rakentamisen aikana hiilijalanjäljen ohjaus tulee painottumaan hankkeen seurantaan ja yksittäisten materiaalien vaihtoihin. Vaihtoehtoiset ratkaisut voivat vaikuttaa koko hankkeen hiilijalanjälkeen merkittävästi (Savolainen ym., 2023, s. 76).

Rakentamisen aikana tehtyjen arviointien oikea-aikainen toteutus, muutosten vaikutukset kustannuksiin ja hiilijalanjälkeen, sekä suunnittelun ohjaus saattavat osoittautua monimutkaiseksi yhtälöksi.

8.1 Suunnitelmien ja tietomallin vaatimukset elinkaariarviointiin

Perustana kaikelle suunnittelulle on se, että suunnitelmien vastaanottaja saa tarvitsemansa tiedon niistä, eikä tietomalli ole poikkeus tästä. Tietomalli mahdollistaa nopean ja tarkan tiedonsiirron esimerkiksi rakennuksen materiaaleja laskettaessa, mikäli malli on oikein tehty ja se on ajan tasalla (Savolainen ym., 2023, s. 11).

Tietomalli tulee kuitenkin olla laadittu oikeiden sääntöjen mukaisesti, jotta tulkittava sisältö olisi sellaisessa muodossa, jota sitä tarkasteleva taho tarvitsisi (Savolainen ym., 2023, s. 11). Suunnittelija ei kuitenkaan välttämättä tiedä tai ymmärrä, mihin suunnitelmien tietoja käytetään. Puutteet ja epätarkkuudet voivat myös johtua siitä, ettei suunnittelijalla ole riittävästi aikaa. Tällöin suunnittelija voi joutua pohtimaan milloin suunnitelmat ovat riittävän kattavat.

Tietomallin hyödyntäminen elinkaarilaskennassa oli yrityksen tavoitteena alusta alkaen arvioinnin nopeuttamiseksi verrattuna perinteisistä suunnitelmista tehtäviin tarkasteluihin (Ympäristöministeriö, 2022, s. 18). Tietomallinnuksen taso oli kuitenkin huolenaihe vanhempien hankkeiden osalta, sillä mallien tarkkuus vaihteli suuresti. Tietomallit olivat suurimmaksi osaksi lähinnä visuaalinen esitys suunnitellusta hankkeesta, ja niiden tietosisältö oli toissijainen. Tämä tarkoittaisi siis, että kaikkea tietoa ei olisi kerättävissä tietomallista. Tulevan suunnittelun tasoa voitaisiin parantaa etenkin tietomallin osalta.

Elinkaariarviota varten ei pienimpiä yksityiskohtia tarvitsisi kuitenkaan mallintaa tai niistä ei tarvitsisi tietosisältöä kerätä (Ympäristöministeriö, 2022b, s. 8–9). Ympäristöministeriön materiaaliseloste voisi toimia pohjana tietomallitarkennuksille. Materiaaliselosteesta löytyy tarkka listaus arviointiin vaadittavilta rakennusosilta.

Olisi kuitenkin epärealistista olettaa, että täydellinen tietomalli olisi käytettävissä jo hanke-suunnitteluvaiheessa. Osittain valmiin tietomallin tavoitteeksi voitaisiin asettaa toteutussuunnittelu, jolloin rakentamislakiuudistuksen mukaan olisi laadittava elinkaariarvio ilmastaselvityksen muodossa. Tällöinkään kaiken tiedon löytyminen yksinomaan tietomallista ei olisi välttämätöntä. Tietomallin tarkkuus parantaisi luultavasti kuitenkin elinkaariarvion tarkkuutta ja antaisi varmuutta hiilijalanjäljen omaehtoiselle raja- tai tavoitearvolle rakentamisen vaiheiden välille.

Suunnittelun ja sitä kautta tietomallinnuksen tarkkuuden täsmentämiseksi on laadittu taulukko liitteessä 2. Taulukko esittää elinkaariarviontiin vaadittavat tiedot, niiden ilmoittamisen tarkkuustasosta ja vastuullisesta suunnittelijasta kunkin rakennusosan kohdalla. Taulukko helpottaa suunnittelijaa hahmottamaan suunnittelun ja tietosisällön tarkkuutta ja ymmärtämään, mitä häneltä vaaditaan, jotta elinkaariarviota laativa taho saa tarvittavat tiedot arvioinnin suorittamiseen. Liite 2 voidaan myös lähettää tarkennuksena yritysten ulkopuoliselle suunnittelijalle esim. suunnittelusopimusta laadittaessa, jotta kyseinen suunnittelija tietää yrityksen vaatimuksen tietomallien ja yleisen suunnittelun osalta.

8.2 Vähähiilisen jälkilaskentatiedon hyödyntäminen suunnittelunohjauksessa

Hankkeiden hiilijalanjäljen arvioinnista saatavalla tiedolla voidaan rakentaa jälkilaskentatietokanta, jota voidaan hyödyttää tulevien hankkeiden arviointia tehtäessä. Tästä voi olla hyötyä etenkin hankkeen alkuvaiheessa. Tämä voisi toimia saman tyyliisesti kuin kustannuslaskennan jälkilaskentatiedon hyödyntäminen.

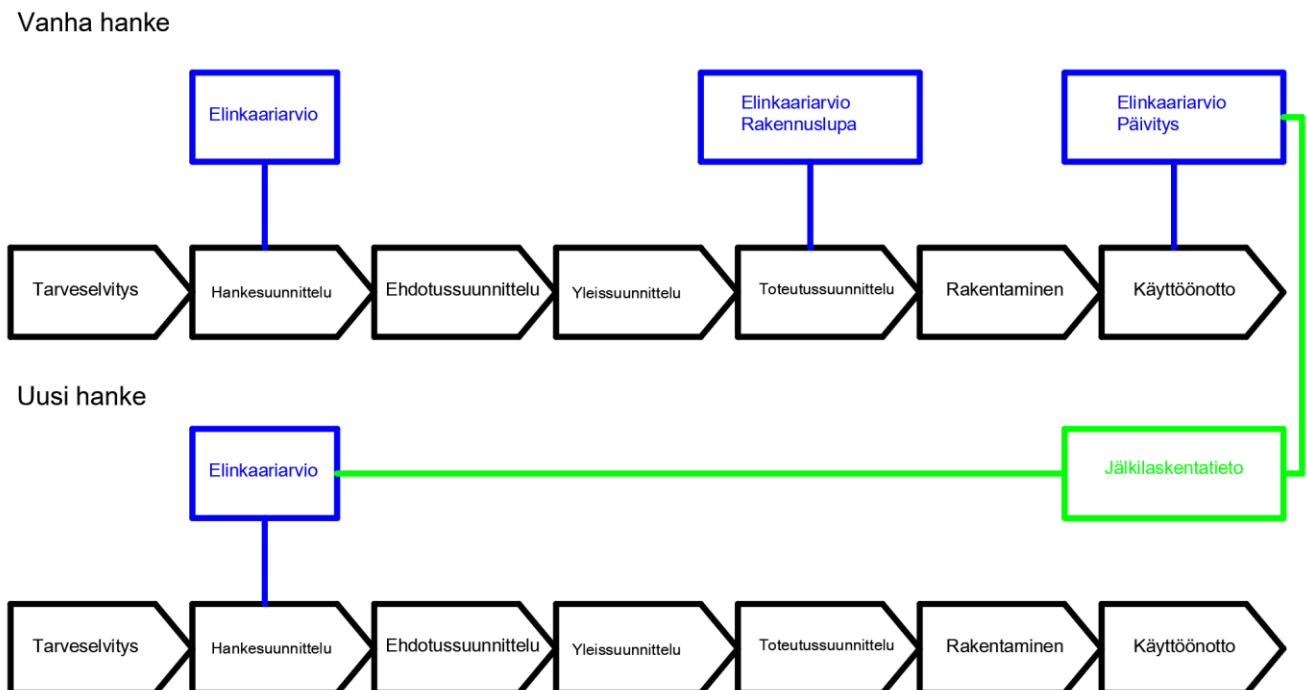
Kustannuslaskennassa jälkilaskentatiedolla selvitetään hankkeen lopulliset kustannukset sen valmistuttua ja tietoa voidaan käyttää tulevien hankkeiden kokonaiskustannusten ennustamiseen tai vain tiettyjen ominaisuuksien kustannusennustuksessa (Rakennustieto, 2018, s. 26–27).

Hankkeista voitaisiin poimia hiilijalanjäljen tietoja rakennustyypeittäin rakennuksen rungon, alapohjarakenteen, yläpohjarakenteen, lämmitysmuodon tai jonkin muun vastaavan ominaisuuden perusteella (Savolainen ym., 2023, s. 76). Hakukriteereitä voitaisiin rajata niin, että saataisiin valittua sopivan kokoinen perusjoukko pinta-alaperusteisen elinkaariarvion laatimiseen esimerkiksi uuden hankkeen hankesuunnitteluvaiheessa tai sen jälkeen.

Tietoa voitaisiin käyttää myös suunnittelunohjauksessa, jolloin tunnistettaisiin ne tekijät, joilla haluttu hiilijalanjäljen arvo koko elinkaareissa tai esimerkiksi yksittäisessä moduulissa voisi olla saavutettavissa (Savolainen ym., 2023, s. 76).

Hiilijalanjäljen jälkilaskentatieto voisi vähentää myös suunnittelu- ja arviointitarvetta, kun suunnitelmia ja uudelleen arviointeja ei tarvitse tehdä arviointitiedon ollessa jo osoitettavissa aikaisemmissa samantyyppisissä hankkeissa. Kuvio 31 kuvaa vanhasta hankkeesta kerättyä hiilijalanjäljen tietoa uuden hankkeen hankekehityksessä.

Aikaisemmin kerätty ja organisoitu tieto voisi myös toimia tarkistustyökaluna laadituille arvioinneille. Jälkilaskentatiedon arvoilla voitaisiin vahvistaa tai kumota hankekehityksen varhaisessa vaiheessa laadittuja arvioita hankkeen myöhemmissä vaiheissa, joihin voisi sisältyä olettamuksia hankkeen ominaisuuksista tai sen sisällön hiilijalanjäljestä.



Kuvio 31. Esimerkki jälkilaskentatiedon hyödyntämisestä hankkeiden välillä. Vanhan hankkeen toteumatiedolla käyttöönotton yhteydessä suoritetaan arviointi pinta-alaperusteisesti hankesuunnittelun jälkeen.

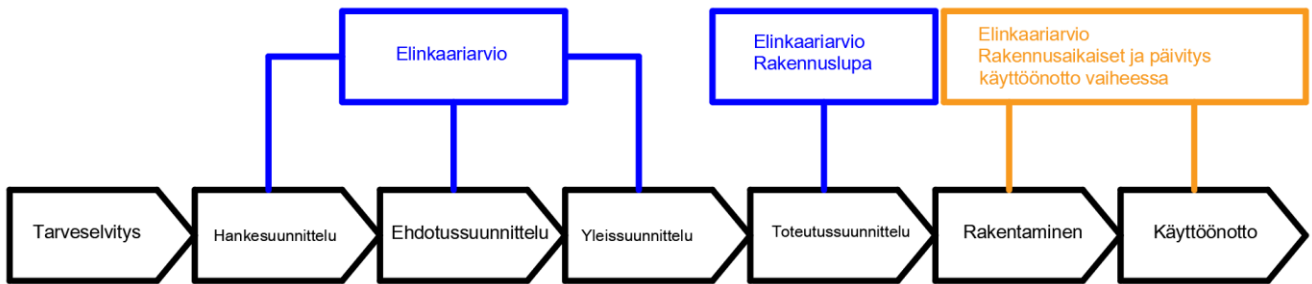
9 Vähähiilinen rakennuttaminen kiinteistökehitysyhtiössä

Yritys toteuttaa hankkeitaan tyypillisesti joko KVR- tai projektinjohtourakkoina, jossa urakoitsijalla on vapaus päättää käyttämistään rakenneratkaisuista. Yritys kuitenkin ohjaa suunnittelemaan rakennuttajan tai projektipäällikön avustuksella siten, että hanke voidaan toteuttaa vuokrasopimuksen ehtojen mukaisesti. Mikäli hankkeella on hiilijalanjälkeen liittyviä vaatimuksia, tulisi nämä tiedostaa ennen rakennusurakkasopimuksen solmimista.

Vuoden 2025 alusta voimaan astuva uusi rakentamislaki velvoittaa rakennuslupahakemuksen yhteydessä hankkeen ilmasto- ja materiaaliselvitystä (Ympäristöministeriö, 2022, s. 35). Ilmastaselvityksen sisältämä elinkaariarvio asettaa raja-arvot, jotka rajoittavat hankkeen hiilijalanjäljen kokonaisarvoa. Hankkeessa ei myöskään saisi olla suurempi hiilijalanjälki luovutusvaiheessa tehtävässä arviossa kuin rakennuslupaa haettaessa.

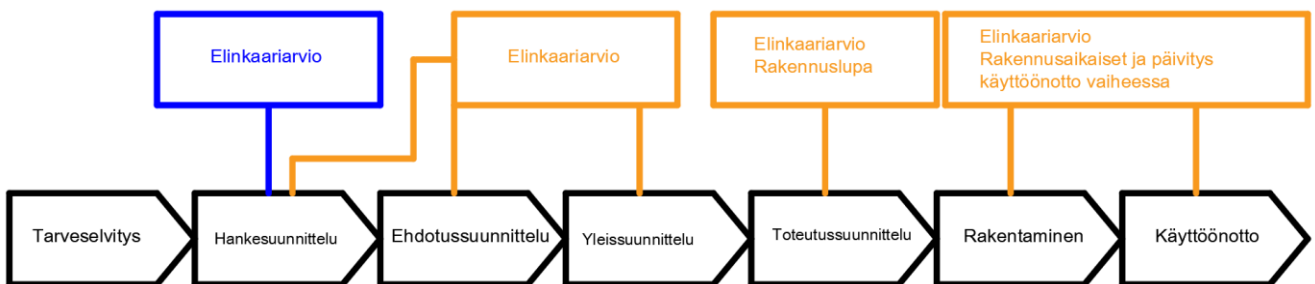
Ongelmaksi voisi muodostua tilanne, jossa urakkasopimusta ei ole vielä solmittu valitun urakoitsijan kanssa, mutta hankkeelle on haettava rakennuslupaa. Rakennusluvan yhteydessä hiilijalanjäljelle on määritelty raja-arvo joko ympäristöluokituksen mukaan tai rakentamislakiin tai -määräyksiin perustuen. Asetettu enimmäishiilijalanjäljen arvo saattaisi rajata urakoitsijan rakenneratkaisuja ilman urakoitsijan tietämystä tai ymmärrystä asiasta. Tämä voisi johtaa mahdolliseen sopimuskiistaan vastuista ja kustannuksista.

Vaihtoehtona yrityksen perinteiseen toteutusmalliin voisi olla malli, jossa urakoitsija avoimesti ilmoittaa valitsemansa ratkaisut ja niillä ikään kuin koeponnistetaan hankkeen toteutusmahdollisuus verraten ratkaisuja tilaajan tarveselvityksen perusteella asettamiin hiilijalanjäljen arvoihin. Tässä mallissa hankkeen hiilibudjetti ja arviointimuistio voitaisiin antaa urakoitsijan käyttöön rakennuslupahakemuksessa käytettyjen rakenteiden perusteella, mikä mahdollistaisi sen, että urakoitsija voisi vertailla rakennusratkaisuja oman arviointinsa lisäksi. Kuvio 32. kuvaa perinteisempää toteutusmallia urakoitsijan ja tilaajan tai hankekehittäjän välillä.



Kuvio 32. Toteutusmalli, jossa suunnitteluvastuu pysyy hankekehittäjällä hankkeen rakennuslupaan saakka. Tilaajan vastuu esitetty sinisellä ja urakoitsijan vastuu oranssilla värillä.

Toinen vaihtoehto voisi olla malli, jossa urakoitsija johtaa suunnittelua hankesuunnittelusta eteenpäin tilaajan annettua tälle vapaat kädet koko prosessista. Tarkastelun kohteena on tilaajan asettamat vaatimukset rakennukselle ja sen hiilijalanjäljen enimmäisarvo. Vaihtoehto on kuvattu kuviossa 33.



Kuvio 33. Toteutusmalli, jossa urakoitsija vastaisi suunnittelusta ja elinkaariarviointista hankesuunnitteluvaiheesta eteenpäin. Tilaajan vastuu esitetty sinisellä ja urakoitsijan vastuu oranssilla värillä.

Olisi luonnollista, että elinkaariarviointin vastuu annetaan urakoitsijalle muun suunnitteluvastuun mukana. Urakoitsija vastaa itse tekemiensä ratkaisujen vaikutuksista ja jatkuvista arviointien muutoksista rakennushankkeen toteutuksen suunnittelun aikana.

Suunnitteluratkaisut tulevat todennäköisesti pyörimään kolmen tekijän ympärillä: toimiva rakenneratkaisu, sen aiheuttama hiilijalanjälki ja rakenteen kustannukset (Savolainen ym., 2023, s. 40). Monellakin tapaa tätä voidaan joutua tekemään hankkeen loppumetreille asti, jos tavoitteiden saavuttamiseksi ei heti hankkeen alussa kyetä asettamaan riittäviä toimenpiteitä urakoitsijan toimesta.

Tämä myös korostaa urakoitsijan ammattitaitoa toteuttajana ja suunnittelua ohjaavana tahona. Esille tulevat myös urakoitsijan tietämys ja taito rakennushankkeen hiilijalanjäljestä ja elinkaariarviointiprosessista. Kokenut urakoitsija tarkistaa toteutuksensa hiilijalanjäljen jo alkuperäistä tarjoustaan hankkeen rakennusurakasta tehtäessä. Tällöin urakoitsija voi varmistua

siitä, ettei hankkeen toteutusvaiheessa teknisiä ratkaisuja tarvitsisi muuttaa niin, että se aiheuttaa urakoitsijalle mittavia taloudellisia takaiskuja.

9.1 Urakoitsijan työmaatoimintojen merkitys

Todennäköisesti myös urakoitsijan omalla työmaatoiminnalla on merkitystä kustannustehokkaaseen vähähiiliseen rakentamiseen. Tätä raporttia laadittaessa ei ole vielä varmaa, tulevatko rakentamisen vähähiilisyden raja-arvot koskettamaan myös moduuleita A4 ja A5, kuljetuksia ja rakennustöiden aiheuttamia päästöjä. Näihin urakoitsija voi itse suoranaisesti vaikuttaa riippumatta urakkamuodosta. Bionovan raportissa, jossa raja-arvoille on annettu ehdotuksia, ei raja-arvotarkastelu koske moduuleja A4 ja A5 (Bionova, 2021 s. 8, 17, 35).

Mikäli moduulit A4 ja A5 vaikuttavat hiilijalanjäljen raja-arvon tarkasteluun voi valveutunut urakoitsija saada omasta työmaatoiminnasta johtuvasta hiilijalanjäljestään itselleen myös kilpailuetua muihin urakoitsijoihin nähden. Urakoitsija kykenee hyödyntämään kerättyä tai tavoitteellista tietoa tulevissa hankkeissa kokonaishiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Tässä raportissa esitettyjen hankkeiden rakennustoiminnan aiheuttaman hiilijalanjäljen suuruus on noin 9–15 % koko hankkeen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä liitteen 1 mukaisesti.

Tilajalle voisi olla hyötyä myös urakoitsijan työmaatoiminnan arvioinnista hankkeen toteutukseen. Tilaja voisi saada hankkeelleen edullisemman rahoituksen, jos hankkeen kaikki ympäristövaikutukset olisivat hyvin tiedossa ja huomioitu ennen rahoituksen hakemista. Hankkeessa voitaisiin jättää myös joitain suuria kustannuksia aiheuttavia vähähiilisiä ratkaisuja tekemättä, jos hiilijalanjäljen vähennys voitaisiin toteuttaa hankkeen työmaatoiminnassa.

Voisi olla myös kannattavaa vaatia rakennusurakoitsijalta jotain tiettyä tasoa työmaatoiminnan hiilijalanjäljestä. Näin urakoitsija saataisiin huomioimaan vastuullisuus myös omassa toiminnassaan. Urakoitsijan vähähiilisellä työmaatoiminnalla voisi olla myös imagollista merkitystä, kun hankkeita markkinoitaisiin.

9.2 Rakentamisen vähähiilisyiden valvonta

Haasteeksi vähähiilisyiden valvonnassa saattaa muodostua se, että rakennushankkeessa todella käytetään ilmoitettuja materiaaleja ja palveluja elinkaariarvioinnissa ilmoitetussa laajuudessa. Yksin rakennuttajan osaaminen tai ymmärrys ei välttämättä riitä tulkitsemaan ja varmistamaan, jotta vähähiilisyiden tavoitteet saavutetaan rakennetuilla materiaaleilla tai että materiaalit vastaavat arvioita.

Nykytilanteessa monin paikoin valvonta tapahtuukin kiinteistöjen sertifiointien kautta, jolloin sertifiointia laativa taho valvoo rakennushankkeen ympäristötavoitteita auditoimalla (Sweco, 2022, s. 6). Hankkeen rahoitus saattaakin olla kiinni sertifiointin toteutumisesta tietyllä tasolla.

Materiaaliseloste velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvää toteuttamaan valvontaa käytettyjen materiaalien osalta, mutta määritelmää valvonnan pätevyydelle ei ole vielä tätä raporttia kirjoitettaessa rajattu mitenkään koulutuksen tai ammatillisen osaamisen näkökulmasta (Ympäristöministeriö, 2022c, s. 1).

Erillisen valvojan palkkaaminen myös vähähiilisyiden näkökulmasta saattaa nostaa rakennushankkeiden kustannuksia oleellisesti, mikäli valvontaan yhdistetään esimerkiksi elinkaariarvioinnin seuranta. Green Building Council Finland arvioi elinkaariarviota laativan tahon kustannukseksi noin 100 € tunnilta (Green Building Council Finland, 2020, s. 4). Sama arvo voisi vastata myös rakennushankkeen materiaalivalvojaa ja auditoijaa.

9.3 Rakennuksen käyttöönotto ja elinkaariarvio

Rakennuksen käyttöönotto näyttölee elinkaariarvion näkökulmasta kriittistä kohtaa, koska sen jälkeen mahdollisuudet hankkeen hiilijalanjälkeen vaikuttamiseen ovat todella vähäisiä. Hiilijalanjälkeen vaikuttaminen rakennuksen valmistuttua voi tapahtua lähinnä energiatodistuksen päivityksen kautta, mikä vaikuttaa rakennuksen käytönaikaisen energian hiilijalanjälkeen (Ympäristöministeriö, 2022, s. 26).

On tärkeää, että rakennushankkeen alusta alkaen työvaiheet, työntekomenetelmä, rakennustöissä kulutetut resurssit ja materiaalit on tarkoin dokumentoitu, jotta elinkaariarvioinnin tulos

tarkasteluvaiheessa on mahdollisimman todenperäinen sen kaikilla osa-alueilla (Ympäristöministeriö, 2022, s. 35, 23, 24).

10 Yhteenveto ja pohdinta

Tämä opinnäytetyö perustuu pääosin ympäristöministeriön vähähiilisyiden arviointimuistioon vuodelta 2022, eikä siten edusta rakennusmääräyskokoelman asettamia vaatimuksia raportin laatimisajankohtana tai välttämättä tulevaisuudessa. Arvioinnin epävarmuuteen liittyvät tekijät on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti tätä raporttia laadittaessa.

10.1 Yrityksen arvioitujen hankkeiden arviointien tulokset

Elinkaariarvioinnin tulokset osoittivat monin paikoin jo ennalta oletettuja asioita, mutta sisälsivät yllättävääkin tietoa. Energiatehokkuuden suuri merkitys hankkeiden välillä toistui ja joukosta löydettiin myös havainto ilmantiiveysmitatuista kiinteistöistä. Pienellä investoinnilla teetetty mittaaminen paransi kiinteistön vähähiilisyiden arviota toistakymmentä prosenttia, eikä rakennukseen tarvinnut välttämättä tehdä minkäänlaisia muutoksia sen rakentamisen aikana.

Pelkän kirjainluokituksen perusteella energiatodistuksen luokka ei myöskään ollut taek hankkeen vähähiilisyydelle käytönaikaisen energian B6 osalta. C-luokkaan sijoittuva rakennus, jonka lämmitysmuotona toimi ilma-vesilämpöpumppu oli merkittävästi vähähiilisempi kuin B-luokkaan sijoittuva kaukolämmöllä lämpenevä rakennus, mikä ilmenee taulukosta 7 ja kuvio 13. Todennäköinen syy löytyy energiatodistuksen luokituksen ja energiamuotokertomesta eroista (Ympäristöministeriö, 2017), sekä kaukolämmön tuoton suuremmasta hiilijalanjäljestä (taulukko 4 ja kuvio 7) (Soimakallio, 2020, s. 1).

Oletetusti vuonna 2025 voimaan astuvat rakennustyyppikohtaiset hiilijalanjäljen raja-arvot osoittavat, kuinka paljon hankkeista olisi leikattava. Tämä raportti antaa hankkeista kerättyjen tietojen perusteella hyvän pohjan sille, kuinka asiaa voitaisiin lähestyä ja mistä voitaisiin leikata.

Mitä pidemmälle rakennushankkeessa edetään sitä pienemmäksi mahdollisuudet käyvät hiilijalanjäljen pienentämiselle. Liitteestä 1 voidaan nähdä, että talotekniikkaratkaisut, rakennuksen runko ja alapohjarakenteet näyttelevät varsin suurta osaa hankkeiden hiilijalanjäljestä, kun taas tilojen pinnoilla, varusteilla tai kiintokalusteilla ei ole juurikaan merkitystä. Tämä korostaa suunnittelun tärkeyttä hankkeen kehitysvaiheessa.

Tämä raportti ja tehty tutkimustyö osoittaa, että vähähiilisyiden näkökulmasta hyvään loppu-tulemaan päästään, kun hankkeelle asetetaan tiukka vaatimus sen ulkovaipan ilmatiiveyden osalta, hankkeessa käytetään lämmitysmuotona sähkökäyttöisiä lämpöpumppuja, rakennuk-sen runko on mahdollisimman vähähiilinen, sekä työmaatoimintaan kiinnitetään erityistä huo-miota.

10.2 Arviointimenetelmän tarkkuus

Koska hankkeita arvioitiin yhteensä vain kymmenen kappaletta, on otanta tilastollisesti vielä varsin pieni. Ympäristöministeriön elinkaariarviointimenetelmän keskeneräisyys aiheutti osit-taista epävarmuutta arviointia laadittaessa. Etenkin materiaalin A1-A3 ja vaihtojen B4 hiilija-lanjälki näyttäisi olevan yleisiä Bionovan ja Rakennusteollisuuden raportteja paikon merkittä-västi suurempi. Kansalliseen tietokantaan ympäristöselosteiden sisältö ja käytettävä materi-aalistandardi on muuttunut vuosien 2021 ja 2024 alkupuolen välissä merkittävästi, mikä voisi kasvattaa materiaalien valmistuksen ja osien vaihtojen hiilijalanjälkeä.

Voidaan olettaa, että arviointitarkkuus eri arvioijien välillä ei eroa merkittävästi, mutta eroavai-suudet voivat syntyä suunnitelmia tulkittaessa tai asioista, jotka eivät suoraan välttämättä il-mene suunnitelmista, kuten maalit ja muut pinnoitteet, joilla on kuitenkin jonkinlainen merkitys materiaalien A1-A3 ja vaihtojen B4 hiilijalanjälkeen.

Arviointimenetelmän sisältö on myös tarkentunut vuosien 2019 kotimaisen arviointimenetel-män luonnoksen julkaisun ja tuoreimman 30.9.2022 julkaistun arviointiluonnoksen välillä. Tuorein julkaisu ei välttämättä edusta vielä varsinaista ja tulevat määräykset täyttävää. Si-sältö on edellisen vuonna 2021 julkaistun arviointimenetelmän eroavaisuuksien osalta varsin pieni. Eroavaisuudet ovat lähinnä arviointilaajuuden tarkennuksessa materiaalien osalta vuonna 2022 esitellyssä materiaaliselosteessa (Ympäristöministeriö, 2022b, s. 8–9).

10.3 Suunnittelunohjaus

Tässä raportissa suunnittelunohjaus jäi vain pintapuoliselle tasolle, sillä työn ajallinen haaste loi lisäpainetta jo laajan sisällön supistamiselle. Hanketietokannassa olleille hankkeille tehdyt elinkaariarviot ja laaditut kuviot ja taulukot antavat kuitenkin suuntaa sille, minkä tyyppisiä rat-kaisuja hankkeissa tulisi käyttää, jos tavoitellaan vähähiilisyyttä. Suunnittelun prosessikuvaus

antaa karkean kuvan siitä, missä kohdissa hankkeen hiilijalanjälkeä tulisi erityisesti tarkkailla, vaikkakin arvioita tulisi tehdä hankkeen suunnittelun edetessä jatkuvasti.

10.4 Vähähiilisen rakentamisen tuomat muutokset urakkakäytäntöihin

Urakkasopimuskäytäntö tulee varmasti muuttumaan suurilta osin rakentamislakiuudistuksen myötä myös hankkeissa, joissa urakoitsija ei vastaa suunnittelun toteutuksesta tai ole hankkeen kokonaisvastuullinen osapuoli.

Materiaalien ja ratkaisujen toteutus joudutaan sitouttamaan hankkeeseen sen rahoituksen kautta jo varhaisessa vaiheessa. Tämä saattaa rajata hankkeen toteutusta laativan urakoitsijan toimintaa. Vaikka tuote, joka rakennukseen asennetaan, olisi vastaava kuin suunnitelmassa, mutta ei kuitenkaan täysin sama, saattaa tuote olla haitallisempi vähähiilisyyden näkökulmasta. Suuret materiaalmäärät laajoissa hankkeissa voivat vaikuttaa hankkeen kokonaishiilijalanjälkeen merkittävästi. Tämä todennäköisesti johtaa siihen, että hankkeen rakennusvaiheessa hiilibudjettia tulisi tarkkailla jatkuvasti ja työmaalla asennettavat materiaalit dokumentoida tarkasti.

Urakoitsijan vastuullinen työmaatoiminta A5 ja kuljetukset A4 näyttelevät myös varsin suurta osuutta vähähiilisyyden arvioinnissa, kun tarkastellaan koko hanketta. Työmaatoiminnan tärkeys vähähiilisyyden näkökulmasta tulee todennäköisesti kasvattamaan urakoitsijan vastuuta hankkeen rahoituksen näkökulmasta.

10.5 Kehitysehdotukset

Yrityksen tulisi jatkaa hanketietojen keräämistä ja tietojen analysointia, jotta voidaan selvittää sille edulliset ratkaisut vastamaan tulevaisuuden vähähiilisiin vaatimuksiin. Elinkaariarviointi tulisi toimia saman tyyliä kuin kustannuslaskentakin jälkilaskentatietoja keräämällä, jotta toimintaa voitaisiin optimoida hankkeiden vähähiilisyyden säästöjen ja kustannusten osalta.

Suurimmat puutteet tässä raportissa ovat työmaatoiminnan A5 tiedonkeruuseen ja käytön aikaiseen energiaan B6 liittyvät vertailut. Vertailua olisi voinut tehdä enemmän eri lämmitysmuotojen välillä. Vertailun toteuttamiseksi työhön olisi tullut liittää myös muuta ulkoista työvoimaa varsinaisen osaamisen puuttuessa organisaatiossa. Lämmitysmuotojen välillä tulisi tehdä kustannus- ja vähähiilisyysvertailuja osana erityyppisiä hankkeita. Vertailuista voitaisiin

etsiä eri variaatioita, joita voitaisiin käyttää hankekehityksen alkuvaiheen hiilijalanjäljen rajoina. Yritys saisi kerättyä myös tietoa ratkaisujen vaikutuksista hankkeiden rahoitukseen ja sitä kautta myös hankekohtaisesta voitosta.

Rakennushanketta toteuttavan urakoitsijan tulisi alittaa alkuperäinen hankkeen alkumetreillä laadittu hiilibudjetti tai omaehtoinen raja-arvo, jotta tilaaja eli yritys voisi sitoutua saamaansa vihreään rahoitukseen hankkeen osalta. Hankesuunnittelun elinkaariarvion tulisi toimia hiilibudjettina, jotta hankkeelle voidaan asettaa riittävät tavoitteen vähähiilisyttä koskien. Hiilibudjetin ylityksestä tulisi urakoitsijalle asettaa sanktio, myös tämän sitouttamiseksi hankkeen ympäristövaatimuksiin. Sopimusrakennetta urakoitsijan kanssa tulisi miettiä yllä mainitun tiedon pohjalta uudelleen.

Suunnittelijoita tulisi myös kouluttaa vähähiiliseen ajatteluun. Tämä varmaan toimisi parhaiten sisäisen palautteen kautta, jossa elinkaariarvioita tuottava taho ohjaa suunnittelijaa hankkeen alkuvaiheessa vähähiiliseen suuntaan ja kertoo suunnitelmiin vaikuttavat tekijät, jotta suunnittelijoille kertyy kokemusta vähähiilisestä suunnittelusta.

10.6 Tutkimuksen kysymyksiin vastaaminen ja loppusanat

Vuoden 2025 alusta voimaan astuva rakentamislaki pakottaa rakennusalan yrityksiä sopeutumaan tuleviin vaatimuksiin digitalisoinnin ja vähähiilisyyden vaatimusten perusteella. Yritys, joissa näihin asioihin on jo aikaisemmin perehdytty, tulee varmasti selviytymään muutoksista helpommin kuin yritys, joka kohtaa elinkaariarviointin tarpeen vasta ensimmäisen kerran rakennuslupakäsittelyssä vuoden 2025 alun jälkeen.

Tämä raportti ja sitä varten tehty tutkimustyö esittää tällä hetkellä yleisesti hyväksytyjen elinkaariarviointimenetelmien kautta yrityksen hankkeiden tason verrattuna markkinoilla olevaan tietoon. Tutkimuksesta saadun tiedon yksilöllisyys juuri yrityksen tarpeisiin on tärkeää. Vaikka yritys toimisi alueella, jossa tietoa olisi yleisesti saatavilla, voitaisiin silti katsoa itse tehdyn tai teetetyn tiedon olevan arvokkaampaa, koska tällöin mahdolliset hiilijalanjälkeen vaikuttavat ratkaisut hankkeiden sisällössä voidaan havaita. Tässä raportissa arvioidut hankkeet ovat suunnittelijoille entuudestaan tuttuja, joten niiden sisältöä ei tarvitse erikseen alkaa tutkimaan havaintojen osoittamiseksi suunnittelijoille tai sitä ohjaaville tahoille. Tieto on myös sellaista, joka toistuu yritysten hankkeissa, rakenne- ja teknistenratkaisujen ollessa saman tyyllisiä eri hankkeiden välillä.

Raportissa tehtiin havaintoja, joita ei välttämättä ilman työn teettämistä olisi kyetty tunnista-
maan kuin mahdollisesti uusien hankkeiden suunnitteluprosessin aikana. Tämä olisi saatta-
nut aiheuttaa ongelmia suunnittelun, toteutuksen ja elinkaariarvioinnin välillä. Ongelmat olisi-
vat voineet ilmentyä hankkeen toteutuksen aikana, jolloin hankkeen hiilijalanjäljen pienentä-
minen olisi voinut aiheuttaa aikaa vievän suunnittelukierteen mahdollisten vähennyskohtei-
den etsinnässä.

Saadun tiedon perusteella voidaan arvioida hankkeiden kannattavuus ja toteutuskelpoisuus
jo hankkeen alkuvaiheessa. Suunnittelija, projektipäällikkö, rakennuttaja ja mahdollisesti
myös urakoitsija voivat tehdä päätöksiä hiilijalanjäljen säästötarpeista tiedon perusteella. On
tärkeää, että hankesuunnittelun alussa havaitaan ne tekijät, joilla on vaikutusta hankkeen hii-
lijalanjälkeen ja hankkeille asetettuihin vähähiilisuuden vaatimuksiin.

Luodun elinkaariarviointiprosessin päätehtävänä on luoda luotettava menetelmä rakennus-
hankkeiden vähähiilisuuden arviointiin, jotta hankkeen osapuolet ymmärtävät suunnittelun
muuttuneet tavoitteet ja vaatimukset. Tarkoitus on myös, että suunnittelija ja sitä ohjaava
taho ymmärtävät, mihin suunnittelun tietoa käytetään ja minkä takia. Elinkaariarvioinnin vai-
heet auttavat suunnittelijaa ymmärtämään koko hankkeen kulkuun vaikuttavien muutosten
tärkeyden. Suunnittelulle ja tietomallinnukselle esitettiin uusi vaatimustaso, jotta elinkaariarvi-
ointi hankkeen aikana nopeutuisi (liite 2). Tietomallien on kuitenkin kehityttävä käytännön
työssä, jotta niistä saadaan jalostettua tietoa paremmin elinkaariarvioinnin vaatimusten var-
mistuttua vuoden 2025 alkuun mennessä.

Voidaan katsoa, että tutkimuskysymyksiin kyettiin vastaamaan suurimmaksi osaksi. Tutki-
mustyö keskittyi pääsääntöisesti elinkaariarvioinnin tarpeellisuuden selventämiseen ja sen
sääntöjen tutkimiseen, sekä toteutuneiden hankkeiden arviointiin. Saadun tiedon perusteella
voidaan tehdä johtopäätöksiä myös tulevista hankkeista ja ohjata niiden suunnitteluratkai-
sua. Hankkeiden osalta tehty elinkaariarviointi kerrytti myös kokemusta arviointiprosessin
kehittämiseen, etenkin tarvittavan tiedon määrää ja laadun osalta, että arviointia voitaisiin
tehdä nopeammin ja tarkemmin. Arviointiprosessin kuvaaminen olisi ollut hankalaa ilman ar-
viontien tekemisestä saatua tietoa. Liitteessä 2 olevat tietomallitarkennukset on laadittu myös
arvioinneista saatujen kokemusten ja tiedon perusteella.

LÄHTEET

- Bionova. (29.6.2017). *Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa*. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-h
- Bionova. (11.1.2021). *Carbon Footprint limits for common building types*. Ministry of Environment, Finland. https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/01/Bionova_MinEnv_Finland_embodied_carbon_limit_values_report_FINAL_19JAN2021_ed.pdf
- Green Building Council Finland. (2020). *Vaikutusarvio ilmastaselvityksen laatimisesta rakennushankkeelle*. https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/01/Vaikutusarvio-ilmastonselvityksen-laatimisesta-rakennushankkeelle_30.11.2020.pdf
- Green Building Council Finland. (2021). *Työkaluja KIRA-alan hiilineutraaliuteen ja kiertotalouteen – kooste Green Building Finland - verkoston työstä 2021*. <https://figbc.fi/media/figbc-tyokaluja-kira-alan-hiilineutraaliuteen-ja-kiertotalouteen-2022.pdf>
- Honkonen, T., & Kulo-vesi, K. (2019). *Suomen ilmastopaneeli raportti 5b/2019. Ilmasto-, energia- ja ympäristöoikeuden keskus CCEEL*. Itä-Suomen yliopisto. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/10/Pariisin-sopimus-ja-kansainvalliset-ilmastotoimet_final.pdf
- Häkkinen, T., & Kuittinen, M. (2020). *Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun*. Rakennustieto
- Häkkinen, T. (12.11.2021). *Transportation of building products (A4) (calculated in (kg CO₂e/m²)) Background data*. Syke <https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Transportation%20R01.00.pdf>
- Häkkinen, T., & Hämäläinen, I. (11.1.2021). *Report – Process - Construction site (A5)*. Syke <https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Construction%20process%20R01.00.pdf>
- Katepal. (i.a). *Katepal green vähähiiliset bitumikatteen*. <https://katepal.fi/uutuus-katepal-green/>
- Keskisalo, M. (2020). *Elinkaariarvioinnin (LCA) tulokset – Toteutettu EN 15978 mukaisesti*. Karelia https://rakentaminen.karelia.fi/wp-content/uploads/2022/12/LCA_raportti_Kuhmonkadun-kampus_www.pdf
- Motiva. (2024). *EU-taksonomia*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuuden_rahointus/eu-taksonomia

- Motiva. (2024b). *Aurinkopaneelijärjestelmän teho*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho
- Myyryläinen, L. (2019). *Rakennusten elinkaari, energia ja kunto*. Rakennustieto
- OneClickLCA. (i.a). <https://www.oneclicklca.com/fi/>
- OneClickLCA. (2023). *Carbon Designer: Early Design Optimization*. <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360014985940-Carbon-Designer-Early-Design-Optimization>
- Palomäki, V. (2018). *Vertailututkimus CLT-rakenteisen talon ulkoseinän hiilijalanjäljen muodostumisesta*. Hoisko <https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2020/09/Hoisko-hiilijalanj%C3%A4lkilaskenta-raportti-2018-marraskuu-1.pdf>
- Pasanen, P., Bruce, T., & Sipari, A. (29.8.2013). *Kaukolämmön Co2-päästöjen laskentamenetelmät päätöksenteon työkaluna*. Bionova https://energia.fi/wp-content/uploads/2016/09/Kaukolammon_paastojen_laskentamenetelmat_RA-PORTTI_20130829.pdf
- Rakennuslehti. (5.11.2020). *Kiertotalous vauhdittamaan tuotekehitystä*. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/11/kiertotalous-vauhdittamaan-tuotekehitysta/>
- Rakennusteollisuus. (25.10.2022). *Rakennusten hiilijalanjälkitarkastukset – Päivitys*. <https://rt.fi/wp-content/uploads/2023/12/kekri-ym-ilmastoselvityksen-asetusluonnoksen-2022-mukainen-esitys.pdf>
- Rakennustieto. (2008). *Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot (RT 18-10922)*.
- Rakennustieto. (2012). *S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja (RT 92-11083)*.
- Rakennustieto. (2018). *Rakennushankkeen kustannushallinta*.
- Rakennustieto. (2022). *RTS-ympäristöluokitus ja EU taksonomia*.
- Rakentamisen laatu. (i.a). *Mikä EU-taksonomia? – Miksi myös pk-yrityksen kannattaa huomioida taksonomia jo nyt*. https://www.rala.fi/application/files/6016/8080/4496/Final_2_korjattu_Opas_EU-taksonomiaan_.pdf
- Raksystems. (21.3.2023). *EU-taksonomia: miten rakennushankkeiden ympäristösertifioinnit tukevat sen saavuttamista?* <https://raksystems.fi/ajankohtaista/eu-taksonomia-miten-rakennushankkeiden-ymparistosertifioinnit-tukevat-sen-saavuttamista/>
- Savolainen, J., & Junnonen, J-M., Saari, A. (2023). *Rakennushankkeen suunnittelun ohjaus*. Rakennustieto

- Soimakallio, S. (11.1.2020). *Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings*. Suomen ympäristökeskus. <https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Energy%20service%20R01.00.pdf>
- Suomen Standardisoimisliitosta (SFS). (2012). *Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method (SFS-EN 15978)*.
- Suomen Standardisoimisliitosta (SFS). (2014). *Wood and wood-based products – Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide (SFS-EN 16449)*.
- Suomen Standardisoimisliitosta (SFS). (2019). *Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019)*.
- Suomen Standardisoimisliitosta (SFS). (2021). *Sustainability of construction works. Framework for assessment of building and civil engineering works (SFS-EN 1563:2021)*.
- Suomen Standardisoimisliitosta (SFS). (2022). *Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Product Category Rules for concrete and concrete elements (SFS-EN 16757:2022)*.
- Suomen säädöskokoelma. (2022). *Ilmastolaki 423/2022*. <https://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2022/sk20220423.pdf&ved=2ahUKEwiUzcmZh7OFAxV-EBAIHf12Aas-QFnoECBUQAQ&usq=AOvVaw2i2Jrh14mJaq2S5YnihMIY>
- Sweco. (2022) *Päästöjen hallinta rakennusurakoitsijan näkökulmasta - osa 1*. <https://rakentaminen.karelia.fi/wp-content/uploads/2022/12/Paastojen-hallinta-rakennusurakoitsijan-nakokulmasta-1.pdf>
- Sweco. (19.3.2021). *Talotekniikan päästötietojen selvityshanke*. https://ym.fi/documents/1410903/40549091/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf/d9c1c20c-e50f-49c1-4946-26b94dd7463d/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf?t=1619092963729
- Tukes. (2023). *Rakentamislaki (voimassa 1.1.2025 alkaen)* <https://tukes.edilex.fi/sv/lainsaadanto/20230751/fi>
- Valtioneuvosto. (9.6.2022). *Uusi ilmastolaki*. https://ym.fi/documents/1410903/0/Ilmastolaki_HE1_final.pdf/95e84169-7415-926e-9d0a-502e5614e26d/Ilmastolaki_HE1_final.pdf%3Ft%3D1654770493478&ved=2ahUKEwiH_aG-iLOFAxWUFxAIHdz6CPI-QFnoECBUQAQ&usq=AOvVaw34rdpxBggROGbywaPCx84d
- Ympäristöministeriö. (2017). *Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu*. <https://ym.fi/-/rakennusten-energiamuotokertoimet-uudistettu>

- Ympäristöministeriö. (2019) *Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2019:22*. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ympäristöministeriö. (6/2021). *Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 – luonnos lausuntokierrosta varten*. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment%3FproposalId%3D0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d%26attachmentId%3D15860&ved=2ahU-KEwjFvoumxaAFaxUVFBAIHW8fCfEQFnoECBEQAQ&usq=AOvVaw3eAbeQsiS-dUe_qwTbH4Eau
- Ympäristöministeriö. (30.9.2022). Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä – perustelumuuisto luonnos, lausuntokierros. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=70fe9e3d-e065-4143-ba6e-4e1f63299842&attachmentId=19501>
- Ympäristöministeriö. (30.9.2022b). *Ympäristöministeriön asetus rakennuksen materiaaliselosteesta – perustelumuuisto luonnos, lausuntokierros*. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=281439c7-9285-4141-a480-4efd9addb0cb&attachmentId=19506>
- Ympäristöministeriö. (30.9.2022c). *Ympäristöministeriön asetus – rakennuksen materiaaliselosteesta (luonnos 30.9.2022, lausuntokierros)*. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=281439c7-9285-4141-a480-4efd9addb0cb&attachmentId=19504>
- Ympäristöministeriö. (2023). *Rakennuslaki ohjaa kestäväää rakentamista*. <https://ym.fi/rakentamislaki>
- Ympäristöministeriö. (2023). *Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjen pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait*. <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>
- WasaGroup. (i.a). *Historia*. <https://www.wasagroup.fi/wasagroup/historia/>
- WasaGroup. (i.a). *Käynnissä olevat kohteet*. <https://www.wasagroup.fi/category/kaynnissa-olevat-kohteet/>
- WasaPlan. (i.a). *Suunnittelu*. <https://www.wasagroup.fi/palvelut/suunnittelu/>
- WasaCon. (i.a). *Yritys*. <https://www.wasacon.fi/wasacon/>

LIITTEET

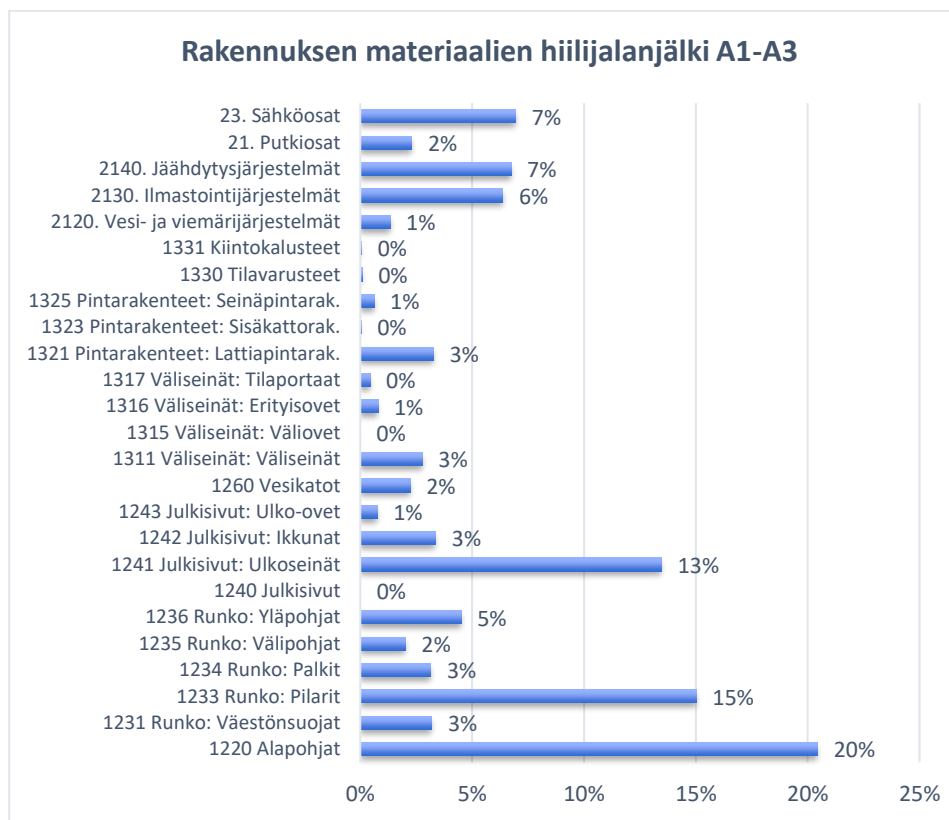
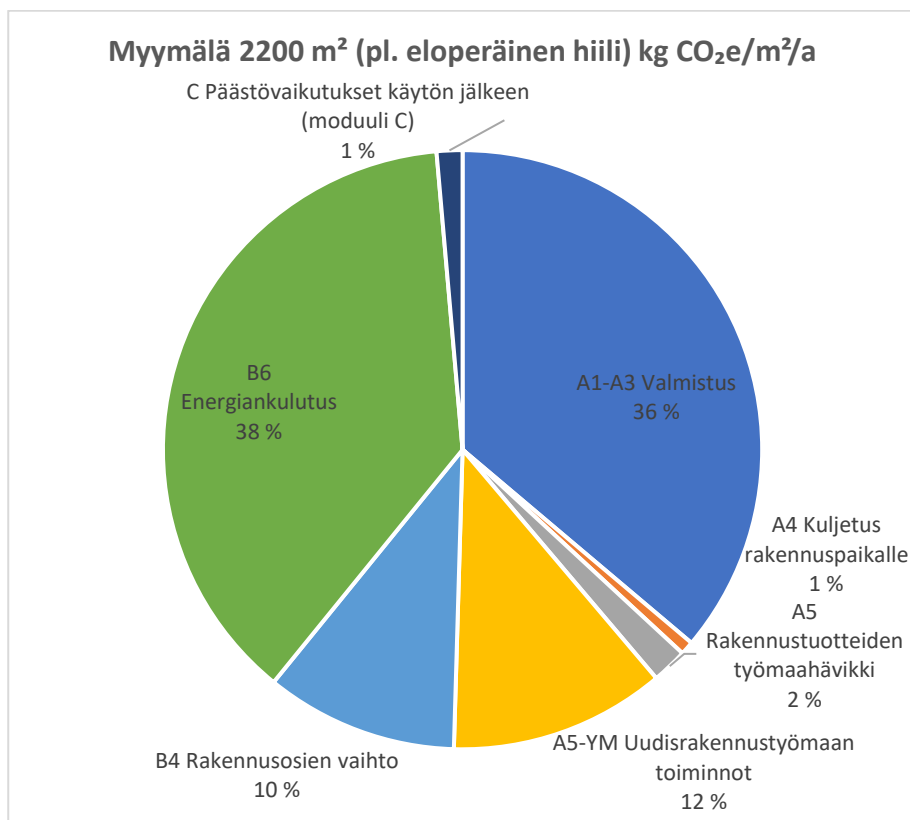
Liite 1. Elinkaariarvioinnit yrityksen hankkeista

Liite 2. Suunnittelun tarkennukset elinkaariarviointia varten

Liite 1.

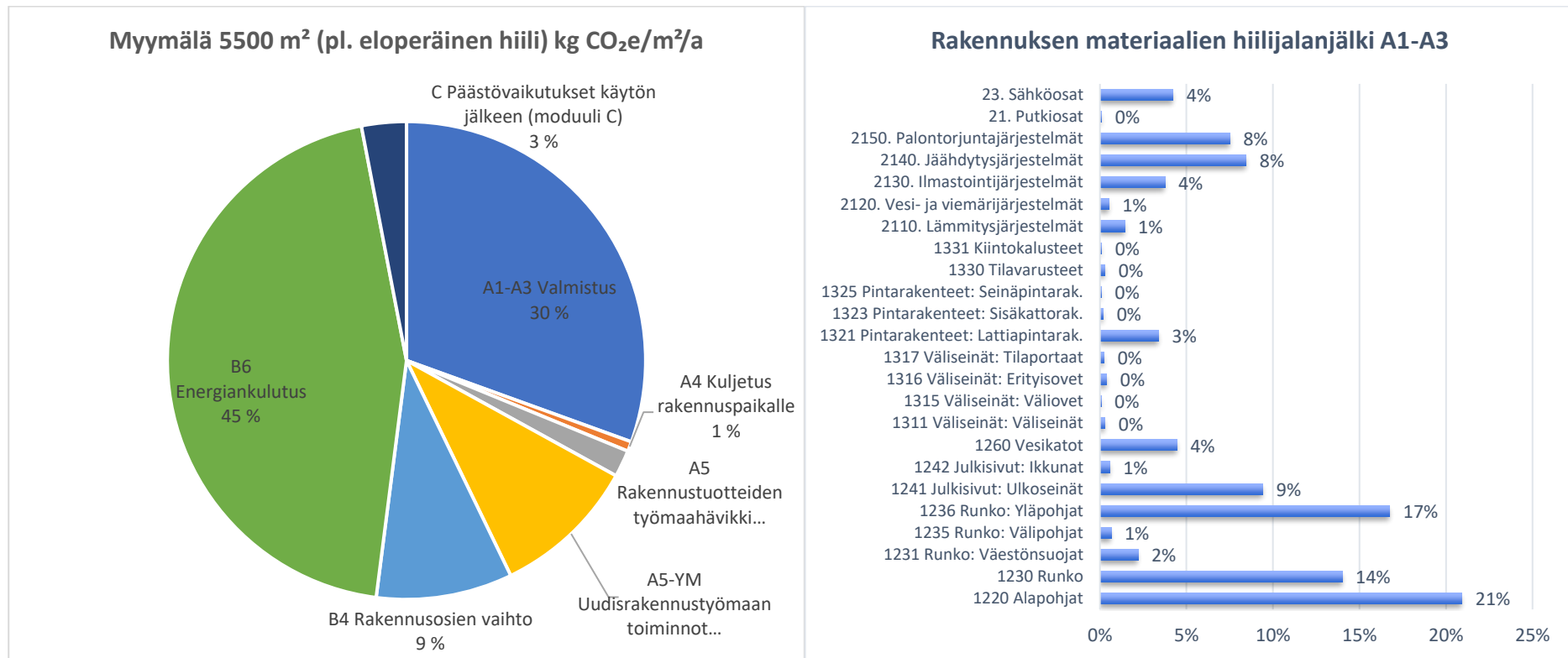
Myymäälä 2200 m²

Vuonna 2020 rakennettu B-energialuokan teräs- ja liimapuurunkoinen myymälärakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty kantava profiilipelti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



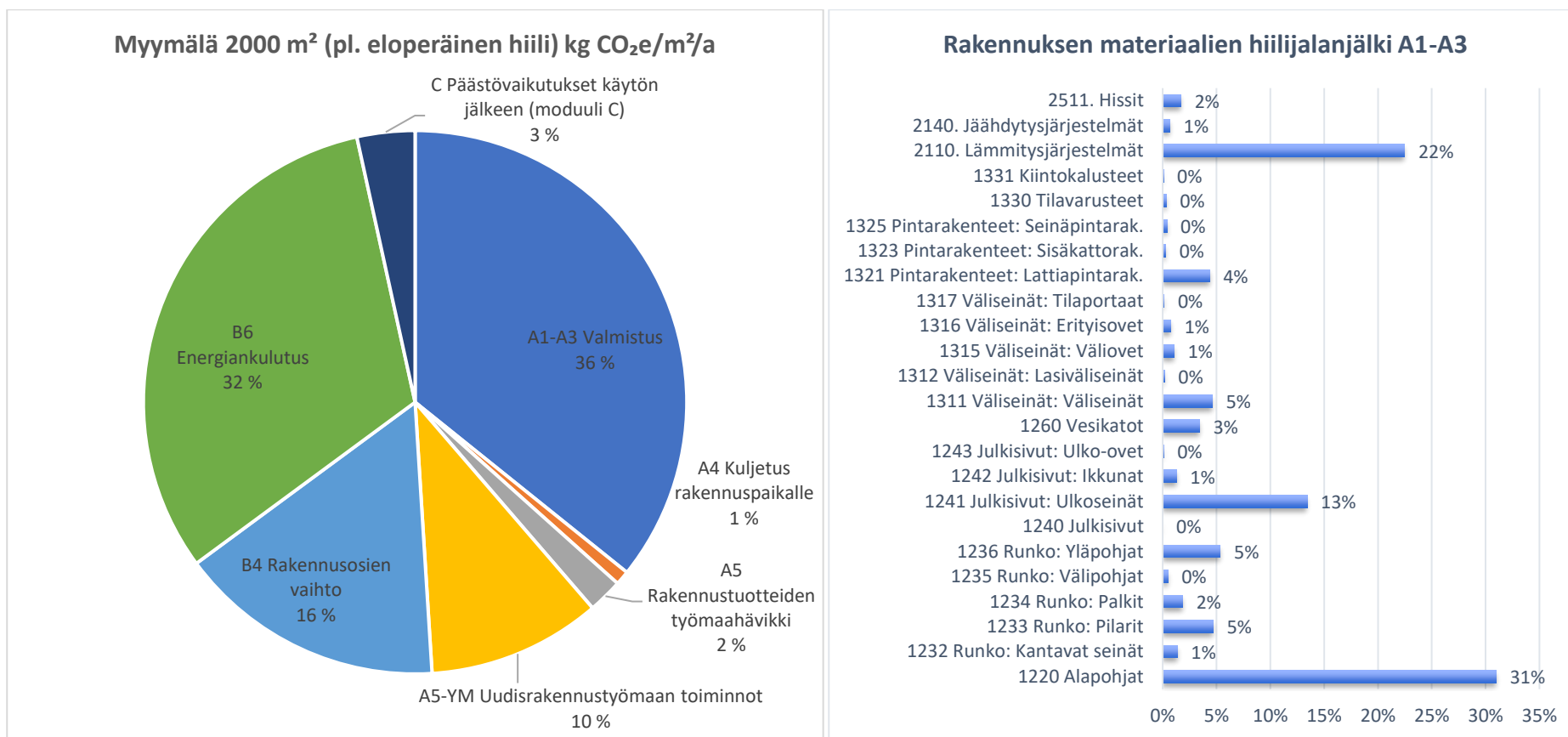
Myymä 5500 m²

Vuonna 2023 rakennettu B-energialuokan teräsrunkoinen myymälärakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty kantava profiilipelti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



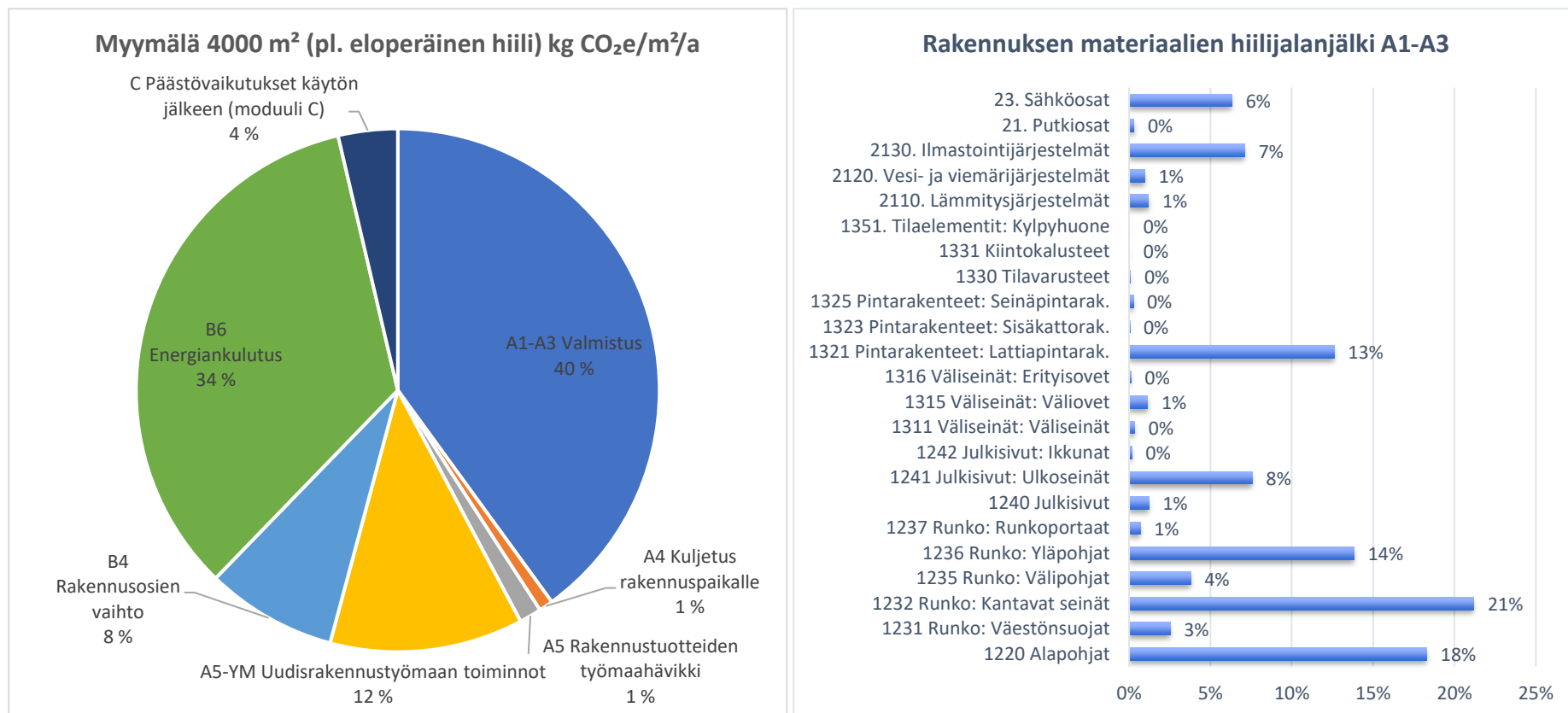
Myymäälä 2000 m²

Vuonna 2024 rakennettava B-energialuokan betonipilari- ja liimapuupalkkirunkoinen myymälärakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty yläpohjanpuuelementti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii alueella keskitetty maalämpö. Taloteknisten materiaalien hiilijalanjälki on arvioitu pinta-alaperusteisesti.



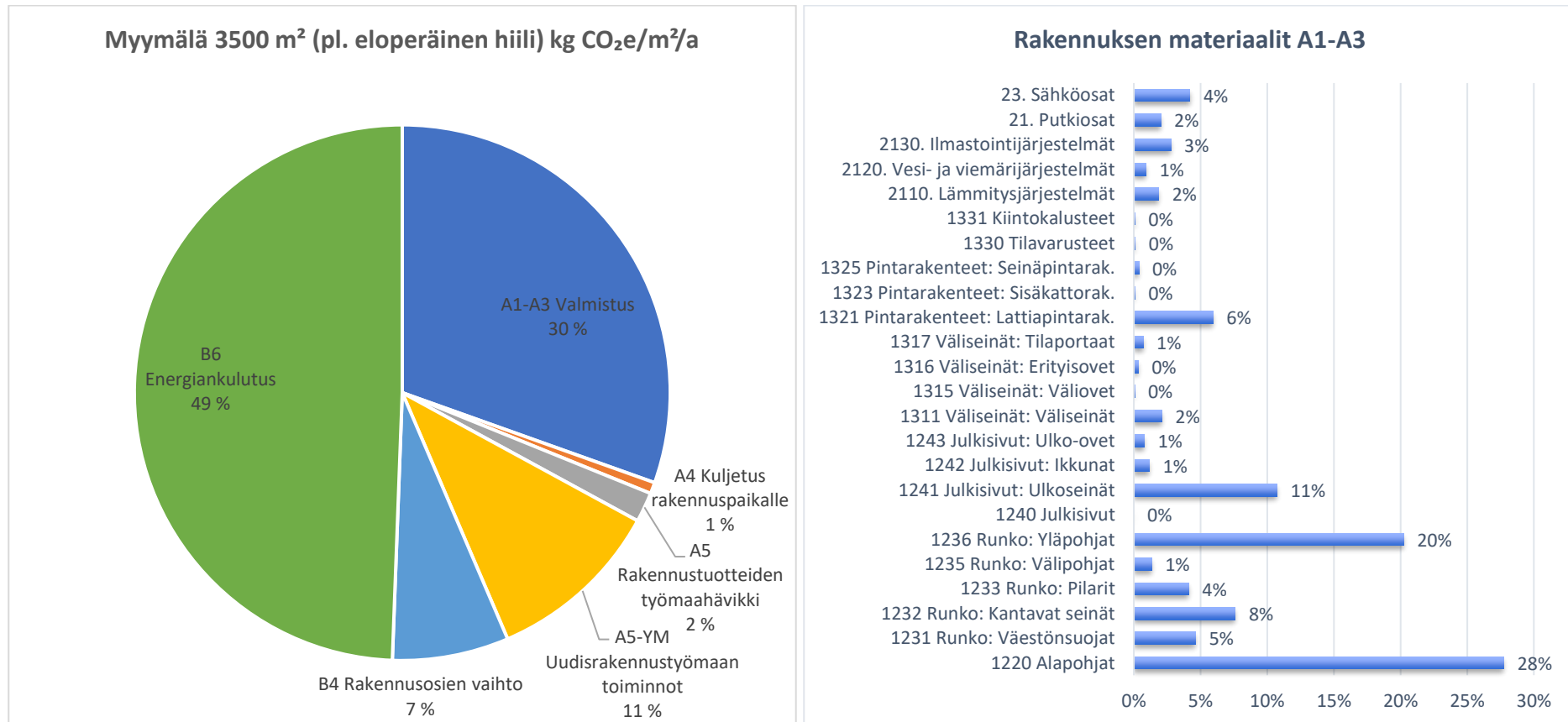
Myymäälä 4000 m²

Vuonna 2022 rakennettu A-energialuokan teräsrunkoinen myymälärakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty kantava profiilipelti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



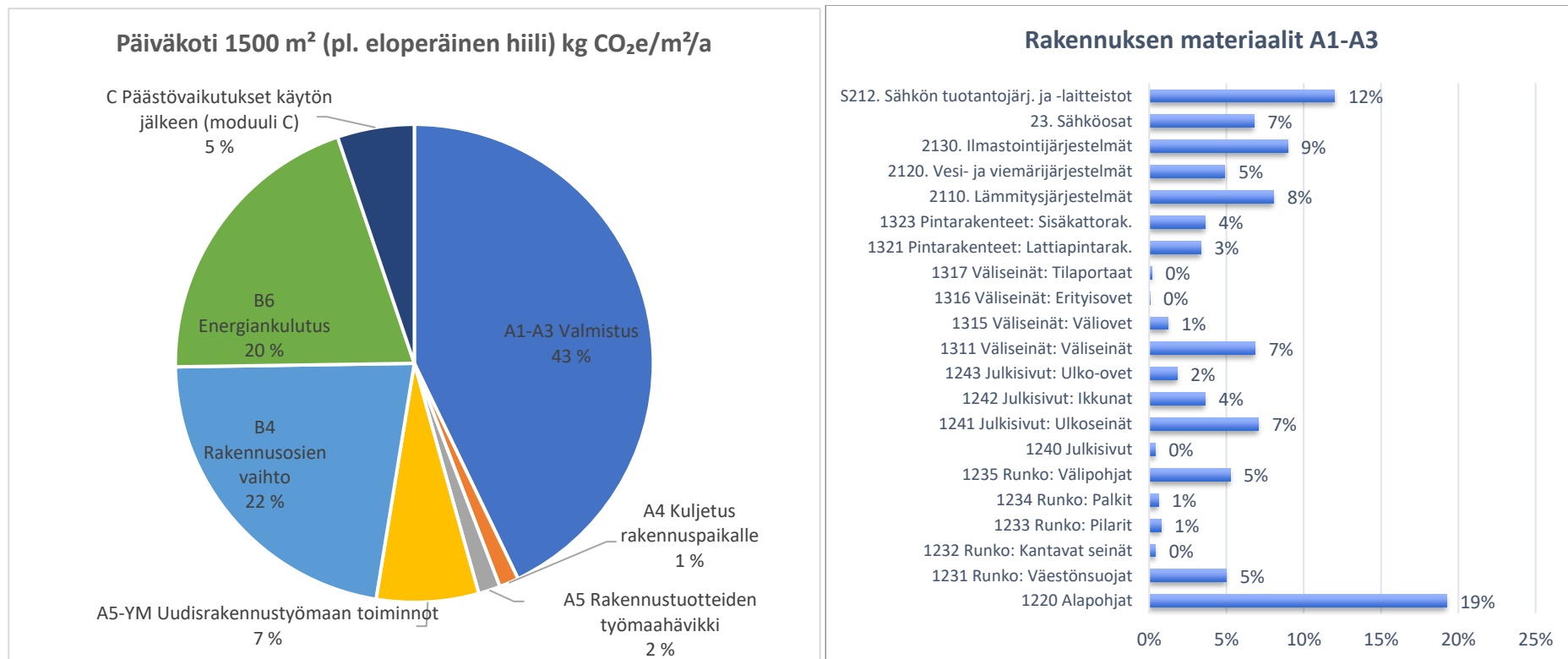
Myymälä 3500 m²

Vuonna 2019 rakennettu B-energialuokan betonipilari- ja liimapalkkirunkoinen myymälärakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii EPS-eristetty kantava profiilipelti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



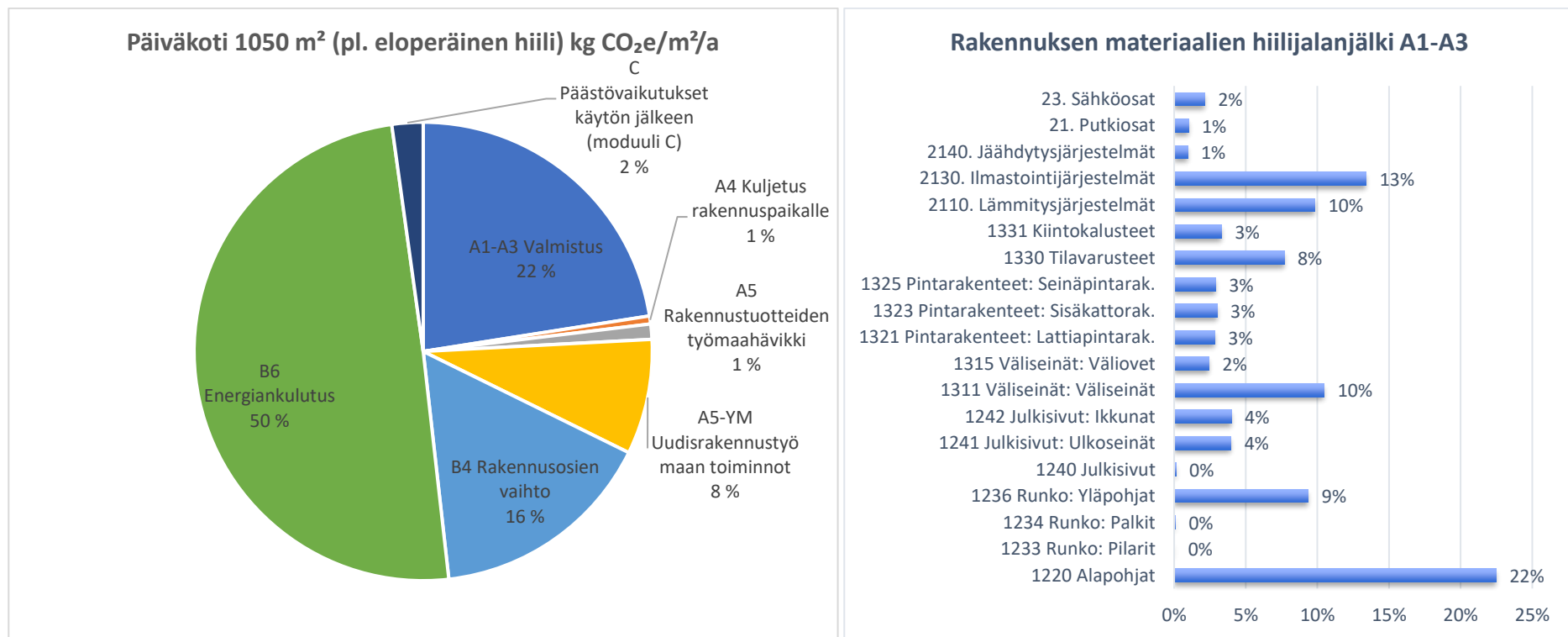
Päiväkoti 1500 m²

Vuonna 2023 rakennettu A-energialuokan puurankarunkoinen päiväkotikoti, jossa on maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii maalämpö. Päiväkodissa on noin 200 m² aurinkopaneelijärjestelmä. Hankkeen hiilijalanjäljen pienentämiseen on suunnittelussa kiinnitetty erityistä huomiota tekniikkaa, rakenteita ja materiaaleja valittaessa.



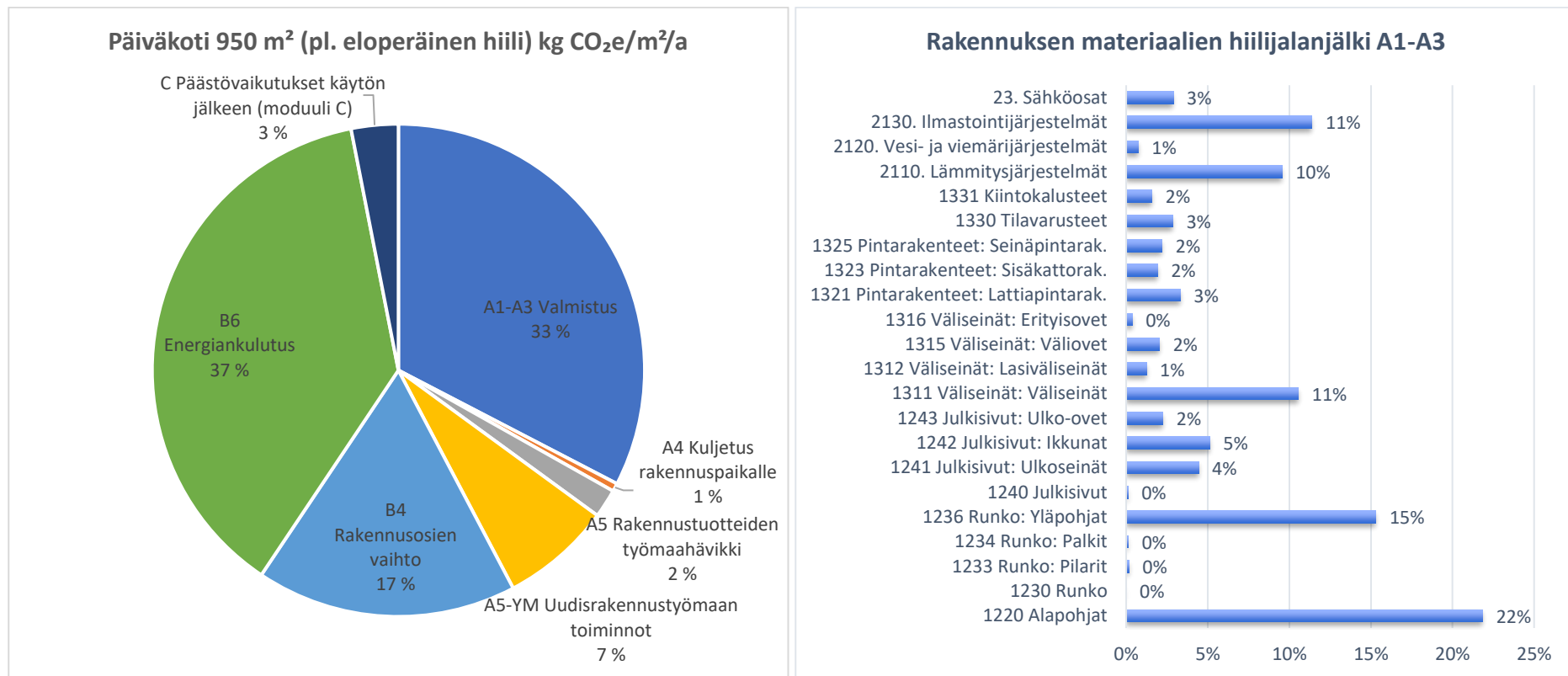
Päiväkoti 1050 m²

Vuonna 2021 rakennettu B-energialuokan hirsirunkoinen päiväkotij, jossa on maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



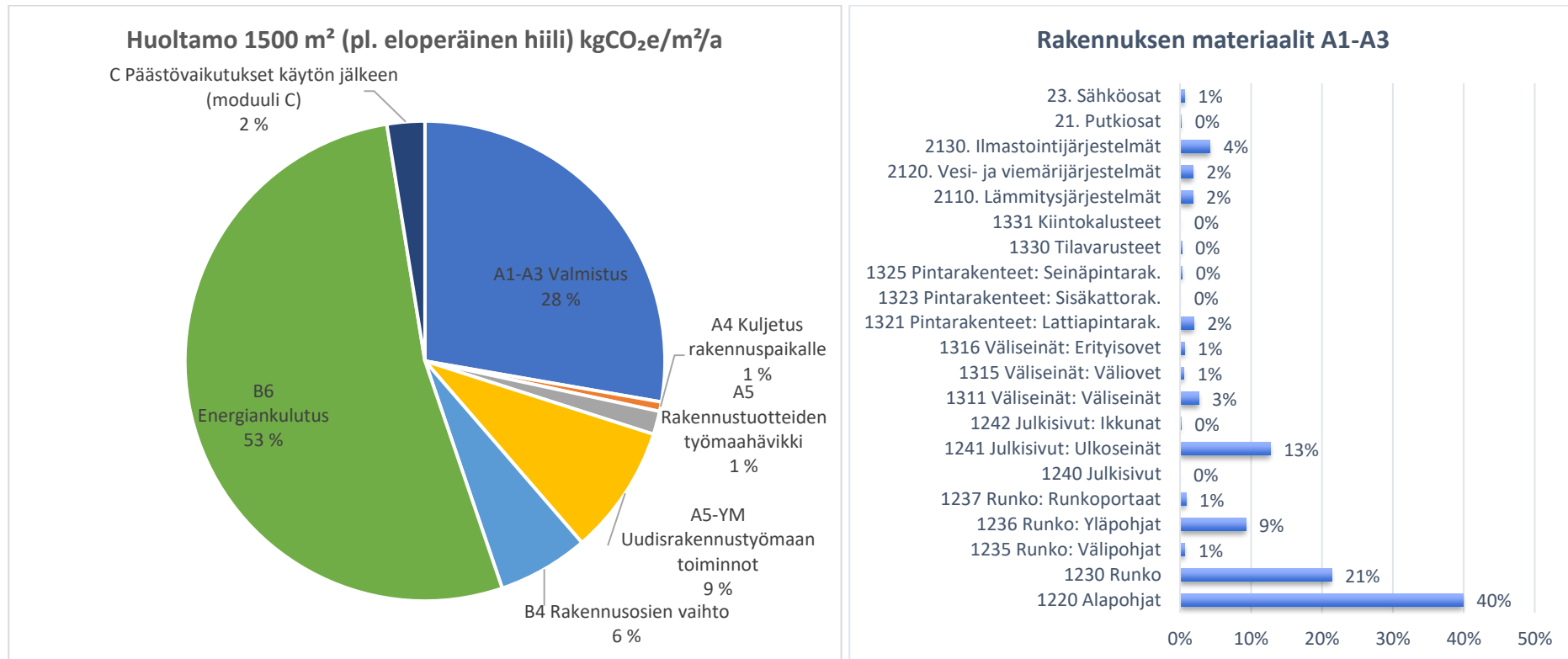
Päiväkoti 950 m²

Vuonna 2021 rakennettu B-energialuokan hirsirunkoinen päiväkotij, jossa on maanvaraien betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii maalämpö.



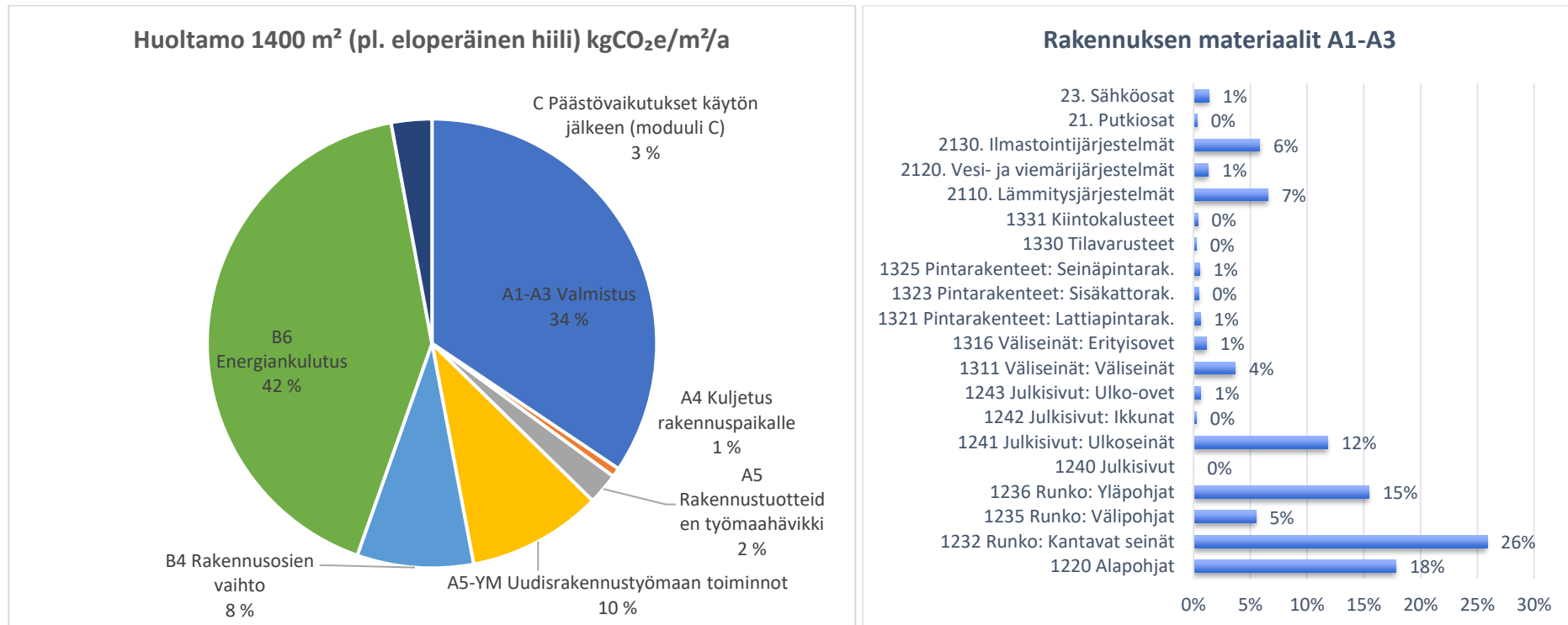
Huoltamo 1500 m²

Vuonna 2022 rakennettu B-energialuokan teräsrunkoinen huoltamorakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty yläpohjan puuelementti, maanvarainen betonilaatta (kevennetty perustus). Lämmitysmuotona toimii kaukolämpö.



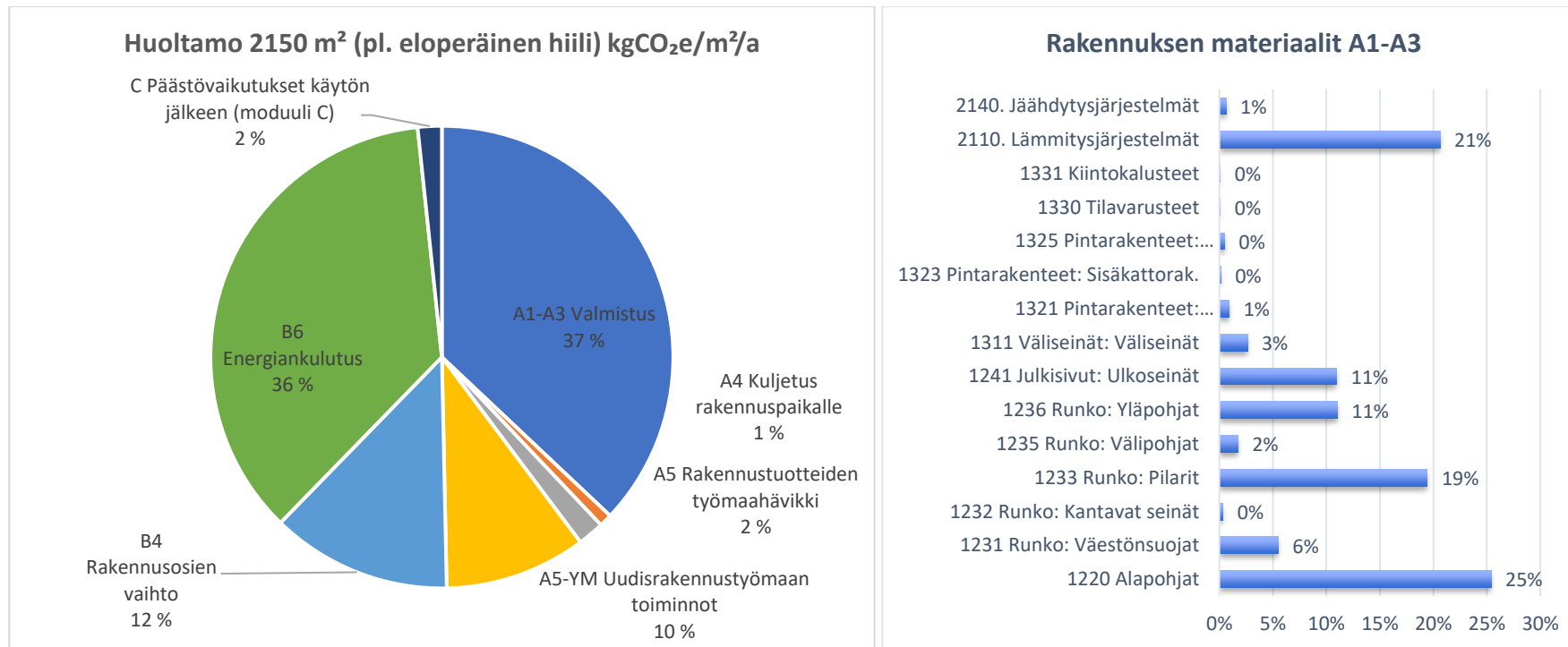
Huoltamo 1400 m²

Vuonna 2022 rakennettu C-energialuokan teräsrunkoinen huoltamorakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty yläpohjan puuelementti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii vesi-ilmalämpöpumppu.



Huoltamo 2150 m²

Vuonna 2022 rakennettu B-energialuokan teräsrunkoinen huoltamorakennus. Rakennuksessa on PVP-elementeistä rakennettu ulkoseinä ja yläpohjarakenteena toimii eristetty yläpohjan puuelementti, maanvarainen betonilaatta. Lämmitysmuotona toimii maalämpö. Taloteknisten materiaalien hiilijalanjälki on arvioitu pinta-alaperusteisesti.



Liite 2.

	Rakennus	Rakennuspaikka	Vastuullinen taho	Ei sisälly arviointiin	Tiedostomuoto	Ilmoitettavat asiat	Ilmoitettava yksikkö	Huomautettavaa
Alueosat		Maamassat	Geo-suunnittelija	Pois ajettavat maamassat	Tietomalli/pdf/excel	Kaikki tontille tuotavat maamassat	k-m ³ , kg	
		Tukimuurit	ARK-suunnittelija	Purettavat rakenteet	Tietomalli/pdf	Betonit, raudoitteet, eristeet ja vesieristeet	m ² , m ³ tai kg	
		Routaeristeet	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	EPS-, XPS-, pehmeät eristeet jne.	m ² , m ³ tai kg	
		Pihan päällysteet	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Asfaltti, nurmialueet, kivetykset jne.	m ² , m ³ tai kg	
		Istutettavat puut	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Puut	lkm	tarkennetaan myöhemmin
		Piharakennukset	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Ulkovarastot yms. Ilmoitettava materiaalin mukaan (kts. Muut kohdat)	m ² , m ³ tai kg	
		Maanalaiset rakenteet	ARK/RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Ilmoitettava materiaalin mukaan (kts. muut kohdat)	m ² , m ³ tai kg	esim. kellarikerrokset tms.
Rakennusosat		Perustukset	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Betonit, raudoitteet, eristeet ja vesieristeet	m ² , m ³ tai kg	
		Alapohja	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Betonit, raudoitteet ja eristeet	m ² , m ³ tai kg	Rajautuu alapohja eristeen alapintaan (ei maosia)
		Runko	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Teräs-, betoni-, puuosat, eristeet (jos osana kantavaa runkoa)	m ³ tai kg	
		Julkisivut	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Puuverhous, betonielementit, pvp-elementit	m ² , m ³ tai kg	
		Kattorakenteet	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Betoni, raudoitteet, puuosat, eristeet ja vesieristeet	m ² , m ³ tai kg	
		Ovet	ARK-suunnittelija	Savunpoistoluukut	Tietomalli/pdf	Käyntiovet, nosto-ovet ja muut kulkuaukot	lkm, m ²	
		Ikkunat	ARK-suunnittelija	Listat	Tietomalli/pdf	Ulkoikkunat	lkm, m ²	
Tilaosat		Väliseinät	ARK-suunnittelija (kantavat RAK)	Ruuvit, naulat, listat ja tasoiitteet	Tietomalli/pdf	Rungot, eristeet, levyt	m ² , m ³	Ilmoitettava tyypeittäin (kts. Rakennetyypit)
		Portaat	ARK-suunnittelija	Kaiteet	Tietomalli/pdf	Askelmat ja lepotasot	m ³ tai kg	
		Ovet	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Väliovet ja tilanjako	lkm, m ²	
		Ikkunat	ARK-suunnittelija	Listat	Tietomalli/pdf	Sisäikkunat	lkm, m ²	
		Pintakäsittely	ARK-suunnittelija	Liimat, tiivisteet ja saumaukset	Tietomalli/pdf	Maalit, laatat, verhoukset	m ²	Märkätilojen vesieristeet (m ² tai kg)
		Akustiikka	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Akustiikkalevyt	m ² , m ³	
		Kiintokalusteet	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Keittiökaapit, WC-kalusteet jne.	lkm, kg	
		Keittiölaitteet	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Uunit, hellat, liedet, huuvat	lkm, kg	
		Varusteet	ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Kiinteätvarusteet esim. kuivauskaapit ja teolliset pesukoneet yms.	lkm, kg	
					Tietomalli/pdf			
					Tietomalli/pdf			
Talotekniikka		Salaojat	RAK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Putket	jm, kg	
		Sadevesijärjestelmä	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Putket, viivytysjärjestelmä	jm, kg, m ³	Merkki ja malli ilmoitettava viivytysjärjestelmästä
		Ulkoaluetta palveleva kaapelit	S-suunnittelija		excel/pdf	kaapelit, suoja-putket, ulkoalueille, lataus- ja lämmityspistokkeille	jm, kg	
		Ulkoaluetta palvelevat valot	S-suunnittelija		Tietomalli/pdf		lkm, kg	Merkki ja malli ilmoitettava
		Lämmitysjärjestelmä	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Lämpöpumput, vaihtimet, sähkökattilat jne.	kg, lkm, kW	Merkki ja malli ilmoitettava
		Lämmityspotket	LV-suunnittelija	Liittimet	Tietomalli/pdf	putket, suoja-putket ja eristeet	jm, kg	Ilmoitettava koon ja materiaalin mukaan
		Lämmönsiirtimet	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Vesikiertoiset patterit, oviverhohaltimet, kiertoilmakoneet	kg, lkm, kW	
		Paisuntasäiliöt	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Paisuntasäiliöt	kg, m ³	
		Varaajat	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Lämmin- ja kylmävesivaraajat	kg, m ³ , lkm	
		Ilmanvaihtoputket	IV-suunnittelija		Tietomalli/pdf/excel	Putket ja liitos-osat/haarat	jm, lkm, m ²	
		Ilmanvaihtokoneet	IV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	IV-kone ja siihen kuuluvat lämmitys- ja jäähdytyslevyt	kg, lkm, m ³	
		Jäähdytysputkisto	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf/excel	Putket, kiertovesipumput ja eristeet	jm, kg	
		Jäähdytyskoneet	LV-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Erilliset jäähdytyskoneet	kg, lkm	Merkki ja malli ilmoitettava
		Springlerijärjestelmä	SPR-suunnittelija		Tietomalli/pdf	Putkisto ja mahdolliset säiliöt	jm, kg, m ³	
		Vesijohdot	VV-suunnittelija		Tietomalli/pdf/excel	Vesijohdot, kiertovesipumput, suoja-putket eristeet	jm, kg, m ³	
		Viemäri	VV-suunnittelija		Tietomalli/pdf/excel	Putket ja eristeet	jm, kg, m ³	
		Sähköjohdot	S-suunnittelija	Tietotekniset- ja taloautomaatio	excel/pdf	Johdot, johtohyllyt, suoja-putket	jm, kg, m ³	
		Sähkökeskukset	S-suunnittelija	Varavirtajärjestelmät	Tietomalli/pdf	Pääkeskukset, jakokeskukset ja kojetaulut	kg, lkm	
		LVI-kalusteet	VV- ja ARK-suunnittelija		Tietomalli/pdf	WC-istuimet ja alataat	lkm, kg	
		Hissi	ARK- ja laitesuunnittelija		Tietomalli/pdf	Hissi ja liukuportaat	kg, lkm	
	Aurinkokeräimet	ARK- ja laitesuunnittelija		Tietomalli/pdf	Aurinkopanelit, aurinkokeräimet	lkm, m ²		