



Tapaustutkimus kaupparyhmän uudisra- kennushankkeiden elinkaariarviointi- ja raportointikäytännöistä

Riku Raitava

Opinnäytetyö, ylempi AMK

Elokuu 2022

Projektijohtaminen YAMK (teknologia)

Raitava, Riku

Tapaustutkimus kaupparyhmän uudisrakennushankkeiden elinkaariarviointi- ja raportointikäytännöistä

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Elokuu 2022**, 85 sivua.

Projektijohtamisen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö YAMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Vähähiilinen rakentaminen on osa globaalia ilmiötä, jossa rakennushankkeiden ilmastovaikutuksia on alettu selvittämään ja ohjaamaan erilaisten rakennushankkeeseen liittyvien elinkaariarviointimallien kautta. Tutkimuksessa valittu ympäristöministeriön malli on Suomessa yleisesti käytössä oleva tapa arvioida rakennushankkeen ilmastovaikutuksia rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennushankkeiden elinkaariarviointi toimii rakennuttavalle taholle sekä rakennushankkeen suunnittelijoille työkaluna, jonka avulla hankkeen aikana selvitetään hankevaiheittain etenevän rakennuttamisprosessin osalta uudisrakennuksen toteutukseen liittyviä ilmastovaikutuksia. Tutkimus toteutettiin Suomen Osuuskauppojen Keskuskunnalle, joka asetti tutkimustavoitteiksi selvittää mistä tyyppillisen vähittäiskaupan hiilijalanjälki muodostuu sekä laatia tutkittuun tietoon perustuen elinkaariarviointien suorittamiseksi S-ryhmälle toimintamalli, jolla jatkossa voidaan toteuttaa elinkaariarviointeja sekä raportoida elinkaariarviointien laskelmien tuloksia tavalla, joka mahdollistaa laskelmista syntyvän tiedon mahdollisimman laaja-alaisen hyödyntämisen S-ryhmän vähähiilisyyteen liittyviä tavoitteita tukemaan jatkossa. Tutkimus toteutettiin aineistolähtöisen tapaustutkimuksena, jossa tutkittavaa aihepiiriä lähestyttiin keräämällä tutkimusaineisto laadullisia tiedonkeruumenetelmiä hyödyntäen.

Valittujen tutkimusmenetelmien tuottamasta tutkimusaineistosta, johdettiin vastaukset tapaustutkimuksen kohteena olevan rakennuksen merkittävimmät päästövaikutukset aiheuttavista rakennusosista sekä tuotteista. Tutkimustulokset osoittivat merkittävimmiksi päästöjä aiheuttaviksi rakennusosiksi paljon betonia sekä rautaa sisältävät tuotteet, jotka olivat myös massamääriltään suurimmat rakennushankkeessa käytettävät materiaalit aiheuttaen täten myös merkittävimmät päästövaikutukset. Lisäksi S-ryhmälle laadittiin elinkaariarviointien suorittamista varten ohjeistus, jolla tuotetaan jatkossa elinkaariarviointien laskentatulokset määrämuotoisesti. Tulevaisuudessa toimintamalli tuottaa määrämuotoiset laskentatulokset, jotka mahdollistavat laskentatuloksista muodostettavan tietopankin tehokkaan hyödyntämisen rakennushankkeiden hankekehitys sekä suunnitteluvaiheissa jatkossa. Tietopankkia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa eri hankevaiheissa tarkastelemalla aiemmin toteutettujen päästötehokkaimpien toteutuksien toteumatietoja. Tietopankista voidaan myös kerätä kyseiseen kohteeseen parhaiten soveltuvat käytännöt valtakunnallisesti rakennutettavien kohteiden osalta tuotetusta tiedosta, jolla rakennushankkeille asetettavien vähähiilisten tavoitteiden saavuttaminen on jatkossa mahdollista aiempaa suunnitelmallisemmin.

Avainsanat (asiasanat)

elinkaariarviointi, hiilijalanjälki, rakennusala, rakennuttaminen

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Raitava, Riku

Case study of life-cycle assessment and reporting practices of building constructing for a network of companies in the retail and service sectors

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, August 2022, 85 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Project Management. Master's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Sustainable building is part of a global phenomenon where the climate effects of constructing buildings have begun to be controlled and assessed by various life cycle assessment models. This research chose to apply a life cycle assessment (LCA) model published by the Finnish Ministry of the Environment. Life cycle assessment models serve as a tool for the constructor and the designers by providing information about the embodied carbon emissions of the planned building and the contents it is made of in the multiphase designing process. The study was carried out for a network of companies in the retail and service sectors also known as S-group. S-group set goals for the research to examine how big the carbon footprint of a typical retail store is and what does it consist of. Another goal was set to form an operating model that can be used to implement life cycle assessments in a manner that enables the information generated from the life cycle assessments for the widest possible utilization to support the low-carbon goals of S-group. The research was carried out as a case study, where the research objective was approached by collecting the necessary research data by using qualitative data acquisition methods.

The life cycle assessments that were implemented during the case study provided answers that present which building parts have the most significant carbon emissions. The research results state that the most significant emissions were caused by building parts that were made of concrete and iron. These products were also assessed to have the largest mass of materials used in the construction phase. In addition, instructions for performing life cycle assessments and a data sheet for reporting (LCA) results were formed as a part of the case study to provide S-group with a tool that enables an operating model that can provide necessary data to support future low-carbon building projects. The operating model will form a databank in time after multiple life cycle assessments of different buildings and the contents of the databank will enable emission reporting and monitoring of building projects emission development. The databank and its contents also allow S-group to find best practices of low-carbon building solutions by comparing solutions used in buildings and their emission results between projects implemented and similarly assessed and reported from different regions of Finland. This way of steering low-carbon building projects by previously built building projects enables a controlled way to achieve the low-carbon goals set for building projects.

Keywords/tags (subjects)

Life-cycle assessment (LCA), carbon footprint, sustainable building, green building

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tutkimuksen tavoitekuvaus	4
2.1	Tutkimuskysymykset.....	4
2.2	Opinnäytetyön rajaukset	5
2.3	Työntavoitteet.....	6
3	Tutkimusasetelma	8
3.1	Tutkimuskonteksti	11
3.2	Tiedonkeruumenetelmät ja lähdeaineisto	13
3.3	Tutkimusaineisto	15
3.4	Tutkimusaineiston analysointi	17
4	Vähähiilinen rakentaminen	19
4.1	Vähähiiliseen rakentamiseen liittyvät keskeisimmät käsitteet ja yksiköt	19
4.2	Tiedonhaussa käytetyt hakutermit ja valitut tietokannat	23
4.3	Tietokantahakujen sisältö ja tulokset.....	23
4.4	Aikaisemmat tutkimukset	24
4.5	Euroopan unionin ilmastopolitiikka ja ilmastotavoitteet	25
4.6	Kansalliset päästövähennystavoitteet.....	26
4.7	Ympäristöministeriö vähähiilisen rakentamisen tiekartta	27
4.8	Yhteenvedo vähähiilisestä rakentamisesta Suomessa.....	28
5	Vähähiilisessä rakennushankkeessa huomioitavat tekijät	29
5.1	Hankekehitysvaihe.....	29
5.2	Suunnitteluvaihe	31
5.3	Energiankäyttö	32
5.4	Vähähiilisuuden arviointi.....	33
6	Tapaustutkimuksen aikana suoritettavat hiilijalanjälkilaskelmat	35
6.1	Hiilijalanjälkilaskenta 1	37
6.2	Hiilijalanjälkilaskenta 2	38
6.3	Hiilijalanjälkilaskenta 3	38
7	Tutkimustulokset	39
7.1	Tapaustutkimuksen kohteena olevan rakennuksen hiilijalanjälki	39
7.1.1	Rakennusosat	42
7.1.2	Rakennusosien tuotteet.....	43
7.1.3	Kokonaispäästöt.....	45

7.2	Rakennushankkeen elinkaariarviointi ohjeistus sekä tulosraportti	46
7.2.1	Rakennushankkeen elinkaariarviointi laskentaohjeet	46
7.2.2	Laskentatuloksien tulosraportti	51
7.3	Luotettavuustarkastelu.....	55
7.4	Tutkimuksen eettinen tarkastelu	57
8	Johtopäätökset	58
9	Pohdinta	64
	Lähteet	66
	Liitteet	68
	Liite 1. Elinkaariarviointitulokset.....	68
	Liite 2. Uudisrakennushankkeen elinkaariarvioinnin ohjeistus laskelman tekijälle	70
	Liite 3. Rakennushankkeista tarvittavat tiedot elinkaariarvioinnin toteuttamiseksi.....	83
	Liite 4. Tulosraportti koontisivu	84

Kuviot

Kuvio 1.	Tutkimusongelman ratkaisukaava.....	4
Kuvio 2.	Opinnäytetyössä käsiteltävän käytännön ja teorian välisen suhteen sekä tapaustutkimuksen tuloksien suhde kehittämis- ja toimintatutkimuksiin nähden.....	9
Kuvio 3.	Tutkimusasetelmaa havainnollistava kuvaus.....	11
Kuvio 4.	Laadullisen tutkimusaineiston käsittely tapaustutkimuksessa	19
Kuvio 5.	Käsitekartta tapaustutkimuksen keskeisimmistä käsitteistä.	20

Taulukot

Taulukko 1.	Tietokantahakujen tulokset taulukoituna.	24
Taulukko 2.	Elinkaarivaiheiden laskentatulokset.	41
Taulukko 3.	Rakennuksen merkittävimmät päästövaikutukset aiheuttavat rakennusosat.	43
Taulukko 4.	Rakennusosien valmistukseen käytetyt tuotteet	44
Taulukko 5.	Rakennuksen kokonaispäästöt YM21- sekä S-mallilla raportoituna.	46

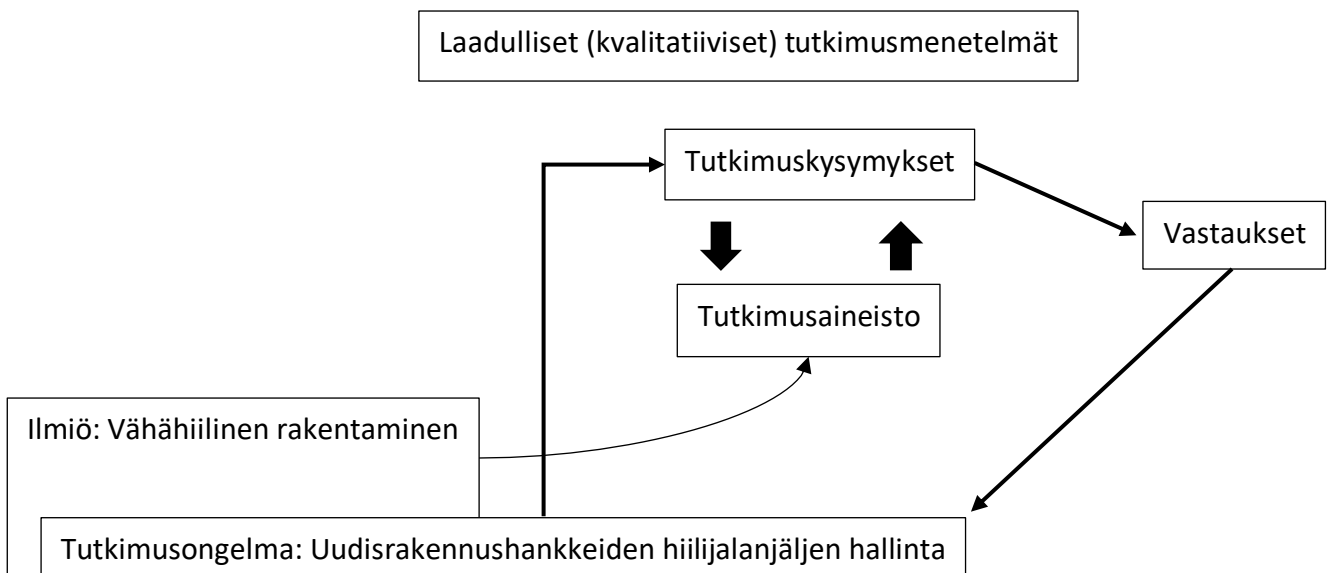
1 Johdanto

Opinnäytetyö toteutettiin Suomen Osuuskauppojen Keskuskunnalle aineistolähtöisenä tapaustutkimuksena, jonka tarkoituksena oli selvittää työn toimeksiantajan rakennuttamistoimintaan liittyvien uudisrakennushankkeiden ilmastovaikutuksia teemahaastatteluiden sekä tutkimuksen aikana tehtävien elinkaariarviointien avulla. Rakennushankkeiden elinkaariarviointeihin liittyviä käytäntöjä sekä raportointi mahdollisuuksia selvitettiin tapaustutkimuksessa työn toimeksiantajana toimivan kiinteistönomistajan näkökulmasta. Tavoitteena käytäntöjen sekä raportoinnin tutkimuksella oli kerätä tietoa, joka mahdollistaa jatkossa elinkaariarviointien tuottamalla tiedolla rakennushankkeiden hankesuunnittelu ja suunnitteluvaiheiden asianmukaisen ohjauksen aiemmin toteutettujen kohteiden toteumatietoihin perustuen. Tutkittu tieto on tärkeä osa tiedolla johtamista tulevaisuudessa, jonka tarkoituksenmukaisella käytöllä S-ryhmä kokonaisuudessaan voi edistää vähähiilisyteen liittyviä tavoitteitaan asianmukaisesti, keskittämällä huomion ja tarvittavat toimenpiteet jatkossa uudisrakennushankkeista tunnistettuihin merkittävimpiin päästöjä aiheuttaviin osatekijöihin. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää lähitulevaisuudessa muodostamalla määrämuotoisesti raportoitavista rakennushankkeiden elinkaariarviointien tuloksista tietopankki, jonka tietoihin perustuen voidaan raportoida ja seurata uudisrakennushankkeiden päästöjen kehitystä sekä muodostaa ajantasainen tilannekuva uudisrakennushankkeiden päästökehityksen osalta. Laskentatuloksia voidaan myös hyödyntää valtakunnallisesti vähähiilisen rakentamisen kehittymisen seurannassa, koska laskennat tullaan toteuttamaan aina uusimman ympäristöministeriön julkaiseman arviointimallin mukaisesti (Ympäristöministeriö 2. 2021).

Opinnäytetyön tulokset selvittävät uudisrakennushankkeeseen liittyviä päästöjä yksittäisen tutkimukseen valitun toimeksiantajalle tyypillisen rakennuskohteen osalta. Tapaustutkimuksella pyrittiin lisäksi muodostamaan mahdollisimman kokonaisvaltainen kuvaus kyseiseen uudisrakennukseen sitoutuvista päästöistä sekä hyvistä käytännöistä, joiden perusteella jatkossa uudisrakennushankkeiden elinkaariarviointien tuloksia voidaan tuottaa sekä raportoida mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti tukemaan yrityksen vähähiilisiä tavoitteita.

2 Tutkimuksen tavoitekuvaus

Opinnäytetyössä käsitellään vähähiilistä rakentamista ilmiönä, jonka osalta tapaustutkimuksessa selvitetään yksittäisen tyypillisen uudisrakennushankkeen rakentamisesta aiheutuvia päästövaikutuksia. Opinnäytetyössä käsiteltävä tutkimusongelma on selvittää, miten työn toimeksiantajan uudisrakennushankkeista aiheutuvaa hiilijalanjälkeä voitaisiin jatkossa tarkoituksenmukaisesti hallita. Tapaustutkimuksessa selvitettiin vastauksia edellä kuvattuun tutkimusongelmaan laadullisilla tiedonkeruumenetelmillä tuotetun tutkimusaineiston perusteella, jonka analysoinnin tulokset tuottivat vastaukset alla kappaleessa 2.1 kuvattuihin tutkimuskysymyksiin (Kananen 2013, 62). Alla kuviossa 1 havainnollistettu tutkimusongelmaan liittyvä ilmiö sekä ratkaisumalli, jolla vastaukset tuotettiin tässä opinnäytetyössä käsiteltäviin tutkimuskysymyksiin (Kananen 2013, 11).



Kuvio 1. Tutkimusongelman ratkaisukaava.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tässä opinnäytetyössä käsiteltäväksi valittiin kaksi tutkimuskysymystä, jotka on johdettu kuvio 1. mukaisesti tutkimusongelman selvittämiseksi tarvittavista tiedoista. Tutkimuskysymykset valittiin yrityksen tarvelähtöisesti. Tutkimuskysymyksiin tutkimusaineiston perusteella selvitettyt vastaukset tukevat yrityksen kestävä kehityksen strategiaa, joka on olla hiilinegatiivinen vuoden 2025 aikana (S-ryhmä, 2022).

Tutkimuskysymys numero yksi: mistä tyypillisen uudisrakennushankkeen hiilijalanjälki koostuu? Kysymystä ja kysymykseen tuotettua vastausta pidettiin olennaisena lähtökohtana työn toimeksiantaja tahon osalta lähivuosien vähähiilisyteen liittyvien kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi (S-ryhmä, 2022). Tutkimuskysymyksiä vastauksien kautta muodostetulla tiedolla voidaan kohdistaa toimenpiteet täsmällisesti vaikutuksiltaan tutkimuksessa tunnistettuihin merkittävimpiin uudisrakennushankkeiden osatekijöihin, jotka muodostavat suurimmat negatiiviset päästövaikutukset uudisrakennushankkeiden osalta.

Tutkimuskysymys numero kaksi: miten tutkittua tietoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa S-ryhmän vähähiilisyteen liittyvien tavoitteiden saavuttamisessa? (S-ryhmä, 2022). Kysymys ja kysymykseen tutkimusaineiston tuottama vastaus koettiin tärkeäksi, jotta tutkimus ei ainoastaan selvittäisi yksittäisen kohteen hiilijalanjälkeä sekä hiilijalanjäljen koostumusta vaan lisäksi tuottaisi tarvittavaa tietoa, jolla työn toimeksiantaja voi jatkossa käsitellä elinkaari-laskelmien tuottamia laskentatuloksia omista lähtökohdistaan mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla.

Tutkimuskysymyksiksi ehdotettiin myös aiheita, jotka käsittelevät elinkaariarviointiin liittyvää rakennuttamistoiminnan prosessia sekä kyseiseen prosessiin rakennushankkeen elinkaariarvioinnin integroimista ja kyseisen prosessin kuvausta. Rajallinen resurssi käsitellä laajaa kokonaisuutta, kuitenkin lopulta priorisoi valinnan edellä kuvattuihin tutkimuskysymyksiin, joiden vastauksien tietosisältö koettiin vaikuttavuudeltaan merkittävämmäksi sekä tässä ajassa myös ajankohtaisemmaksi.

2.2 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyön tutkimuksen sisältö on rajattu elinkaariarvioinnin osalta uudisrakennushankkeen toteutuksesta aiheutuviin rakennushankkeen elinkaari-päästöihin ympäristöministeriön lausuntokierroksella olevan viimeisimmän rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 mukaisesti. Ainoan poikkeuksen sisällön osalta tekee tapaustutkimuksen laskelmista puuttuva hiilikädenjälki, joka kuitenkin jatkossa raportoidaan osana laskentatuloksia tulevien elinkaariarviointien osalta. Valinta käyttää vielä lausuntokierroksella olevaa luonnokseksi luokiteltua arviointimenetelmää keskeisenä tutkimuksen sisältöä määrittävänä sekä rajaavana tekijänä tehtiin perustuen toimeksiantajan tahtotilaan käyttää tutkimuksen lähtökohtana aina viimeisintä käytettävissä olevaa tutkimukseen soveltuvaa tietoa. (Ympäristöministeriö 2. 2021.) Vaihtoehto olisi ollut käyttää rakennuksen vähähiilisyden arviointiin voimassa olevaa arviointimenetelmää vuodelta 2019

(Ympäristöministeriö, 2019). Tämä vaihtoehto kuitenkin suljettiin pois, koska käytettävissä oli tutkimuksen tarkoitukseen soveltuva uudempi arviointimalli. Uudessa vuoden 2021 arviointimallissa on huomioitu 2019 arviointimallin testausjakson sekä testausjaksoa seuranneen lausuntokierroksen tuloksien perusteella tehtyjä muutoksia sekä tarkennuksia (Ympäristöministeriö, Vähähiilisen rakentamisen tiekartta, 2022). Ympäristöministeriön edellä kuvatun prosessin päätteeksi toteutamat muutokset ja tarkennukset ja tätä kautta päivitetty uusi arviointimenetelmä 2021 arvioitiin kehittyvässä toimintaympäristössä parhaiten soveltuvimmaksi tietolähteeksi huomioon ottaen, että lopullinen arviointimalli julkaistaan ympäristöministeriön toimesta vasta, kun asetus rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnista tulee voimaan ja kyseisen julkaisun ajankohta ei ole yleisesti tiedossa.

Hiilikädenjäljen arviointi on esitetty osana ympäristöministeriön vuoden 2021 arviointimallia. Arviointimallissa hiilikädenjälki raportoidaan erillään muista laskennassa käsiteltävistä laskentatuloksista, eikä hiilikädenjäljen tuloksia vähennetä hiilijalanjäljestä (Ympäristöministeriö 2. 2021, 28). Hiilikädenjälki osana rakennuksen vähähiilisyyden arviointia rajattiin tapaustutkimuksessa suoritettavien laskelmien sisällön ulkopuolelle perustuen työn tuloksien jatkohyödynnettävyyden priorisointiin, jossa hiilijalanjäljen tuloksista johdettuihin toimenpiteisiin on määrä kohdistaa suunnitelmallisia toimenpiteitä ensimmäisessä vaiheessa ja jatkokehityksen kautta seuraavassa vaiheessa on määrä käsitellä erikseen hiilikädenjälkeä tarkemmin kokonaisuutena. Hiilikädenjäljellä ei ole myöskään uuden arviointimallin mukaisesti elinkaarilaskelma toteutettuna vaikutusta hiilijalanjälkilaskennan tuloksiin, joka myös osaltaan mahdollisti hiilikädenjäljen eriyttämisen opinnäytetyön sisällöstä. (Ympäristöministeriö 2. 2021).

2.3 Työntavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa työn toimeksiantajalle konkreettista tietoa vähähiilisestä rakentamisesta, jonka perusteella S-ryhmän rakennuttamistoimintaa voidaan jatkossa kokonaisuutena ohjata ja kehittää kestävään kehitykseen perustuen mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti tuottamalla S-ryhmän tarpeita vastaavat rakennukset mahdollisimman vähäisillä päästövaikutuksilla. Opinnäytetyön tapaustutkimuksen tutkimustuloksien tavoitteena on käytännön tasolla tuottaa vastaukset tutkimuskysymyksiin, joiden tietosisältöjen perusteella voidaan määrittää ensimmäisessä vaiheessa käyttöönotettavat koko S-ryhmää koskevat käytännöt ja raportointimallit

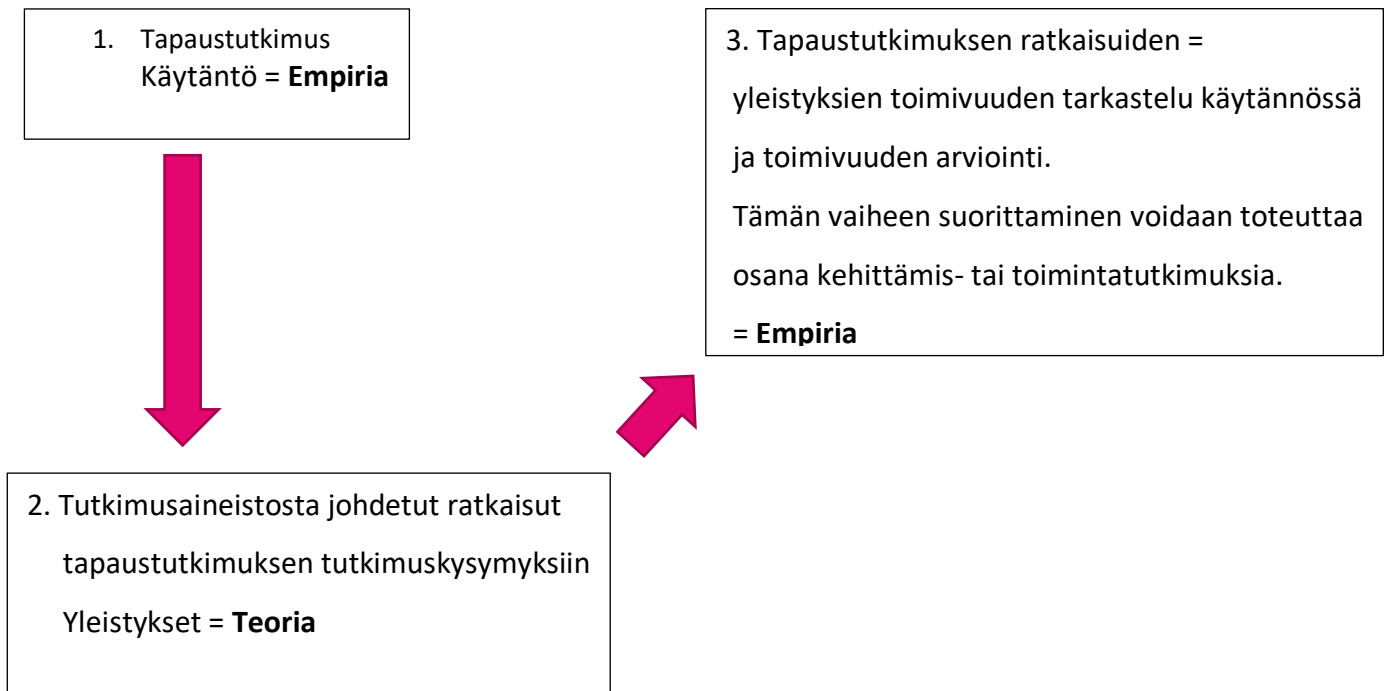
rakennusten elinkaariarviointiin liittyvien elinkaarilaskelmien sekä laskelmien tuottamien tietosisältöjen osalta. Tavoite vaatii syvällistä ymmärrystä rakennuttamistoiminnan kohteena olevien uudisrakennushankkeiden toteutuksiin liittyvistä eri elinkaarivaiheisiin sitoutuvista negatiivisia päästövaikutuksia sisältävistä osatekijöistä, jotka muodostavat yhdessä rakennuksen hiilijalanjäljen kokonaisuudessaan. Tästä syystä työn kyseinen tavoite tarkalleen ottaen on yksilöidä vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen tapaustutkimuksen tuloksien avulla selvittämällä yhden tyypillistä rakennutettavaa kohdetta edustavan uudisrakennushankkeen kaikki merkittävimmät päästöjä aiheuttavat osatekijät elinkaarivaiheiden lisäksi myös rakennusosittain sekä tuotetasolla.

Opinnäytetyön tavoitteena on lisäksi tuottaa ratkaisu, kuinka elinkaariarviointien tuloksien tietoa voidaan hyödyntää jatkossa. Tavoitteena tutkimukselle on, että tieto tukee jatkossa S-ryhmän vähähiilisyteen liittyvien tavoitteiden saavuttamisessa. Tämä tavoite valittiin, jotta opinnäytetyön tapaustutkimuksen tuloksena ei synny ainoastaan tietoa mistä kohteen hiilijalanjälki muodostuu, vaan lisäksi tutkimuksen keskeisenä osana on mukana kaikissa yhteyksissä tiedon jatkohyödyntäminen. Tämä tavoitteellinen lähestymistapa tuloksien jatkohyödynnettävyyden osalta osana opinnäytetyötä haastoi palveluntuottajia sekä myös tutkimuksen tekijää lähestymään tutkittavaa ai-
hetta pelkkää uudisrakennushankkeen elinkaariarvioinnin suorittamista paljon kokonaisvaltaisemmin. Aineistolähtöinen tapaustutkimus valittiin tutkimuksen lähestymistavaksi, jotta tutkimuksessa tutkimussuunnitelman mukaisesti teetettyjen teemahaastatteluiden sekä elinkaarilaskelmien ja laskentojen välillä suoritettujen tuloksien analysoinnin ja uusien teemahaastattelu kierroksien kautta oli mahdollista kerätä tarkoituksenmukaista aineistoa tutkimuksen kohteesta tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi. Vastauksien tavoitteena oli tuottaa ratkaisu, jolla S-ryhmässä voidaan tutkimuksen valmistuessa käyttöönottaa ensimmäisen vaiheen raportointimalli elinkaariarviointien osalta. Raportoinnin jatkohyödynnettävyyden osalta tavoiteltiin mahdollisimman määrämuotoista raportointia, jonka sisältö on koneluettavassa muodossa. Koneluettava raportointipohja on edellytys, jolla mahdollistetaan tiedon resurssiviisas jatkokäsittely sekä luodaan mahdollisuus tulevaisuudessa jatkokehittää tiedonkäsittelyä esimerkiksi algoritmeihin perustuvalla laadunvarmistus menetelmällä, jossa tekoäly valjastetaan prosessoimaan kerättyä tietoa ja tuottamaan ajantasaista tilannekuvaa uudisrakennushankkeiden päästökehityksen osalta sekä myös tunnistamaan mahdollisia virheellisesti syötettyjä tuloksia. Opinnäytetyölle asetettujen tavoitteiden asetannassa on otettu myös huomioon käytettävissä oleva aika ja resurssit, jonka perusteella tehtiin tarvittavat kohdassa 2.2 esitetyt rajaukset, jotta korkealle priorisoidut tavoitteet voitaisiin saavuttaa opinnäytetyöhön käytettävissä olevilla resursseilla.

3 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyön tutkimusongelman ratkaisemiseksi valittiin tutkimuksen lähestymistavaksi tapaus-tutkimus, joka tunnetaan myös nimellä case-tutkimus. Tapaustutkimus on suomalaisessa tutkimus-kirjallisuudessa luokiteltu laadullisen (kvalitatiivisen) tutkimuksen alalajiksi, joka ei itsessään ole metodi vaan tutkimustapa tai tutkimusstrategia (Kananen 2013, 31; Laine 2007, 9). Tapaustutki-muksen arvioitiin olevan tarkoituksenmukaisin lähestymistapa tutkia opinnäytetyössä ratkottavia kysymyksiä, jotka liittyvät ajankohtaiseen ilmiöön nimeltä vähähiilinen rakentaminen. Työn toi-meksiantajalle ei ollut vielä muodostunut vakioituja yhtenäisiä käytäntöjä ajankohtaisen sekä jat-kuvasti kehittyvän ilmiön käsittelyä varten, joka osaltaan vaikutti myös tutkimuksen lähestymista-paan. Lähestymistapa tarkennettiin tämän tiedon perusteella aineistolähtöiseksi tapaustutkimukseksi. Aineistolähtöinen tapaustutkimus on lähinnä laadullista tutkimusta, jolla py-ritään selvittämään monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden ymmärtämiseksi vaaditaan tyypillisesti useita tiedonkeruu- sekä tarvittaessa myös analyysimenetelmiä. Kerätyllä tutkimustiedolla on tar-koitus muodostaa kokonaisvaltainen ja syvälinen tutkimus tutkittavasta aiheesta. (Kananen 2013, 28.)

Tutkimukseen valitussa induktiivisessa lähestymistavassa muodostetaan yksittäisen kohteen tutki-musaineiston kautta käytäntöjä induktiivisella lähestymistavalla, joka tarkoittaa yleistämistä tai teorian kehittämistä yksittäisen tapauksen perusteella. Induktiivinen lähestymistapa on tapa tutkia aihetta avoimesti ilman vahvoja ennakko-oletuksia ja muodostaa tutkimuskysymyksiin vastaukset tutkimuksen aikana kerättävän tutkimusaineiston perusteella. Induktion vastakohta on deduktio, jossa lähtökohtana on teoria. Deduktiossa teorian tai teorioiden perusteella tehdään johtopäätök-siä yksittäistapauksista. Deduktiivista lähestymistapaa käytetään määrällisessä (kvalitatiivisessa) tutkimuksessa. (Kananen 2013, 50.) Induktiivinen aineistolähtöinen lähtökohta tutkimukselle ei kuitenkaan rajaa pois mahdollisuutta käyttää myös teoreettisia lähteitä osana tutkimusta tutki-musongelman ratkaisemisessa, mikäli tämä nähdään tarpeelliseksi. (Kananen 2013, 110; Laine 2007, 136.)



Kuvio 2. Opinnäytetyössä käsiteltävän käytännön ja teorian välisen suhteen sekä tapaustutkimuksen tuloksien suhde kehittämis- ja toimintatutkimuksiin nähden.

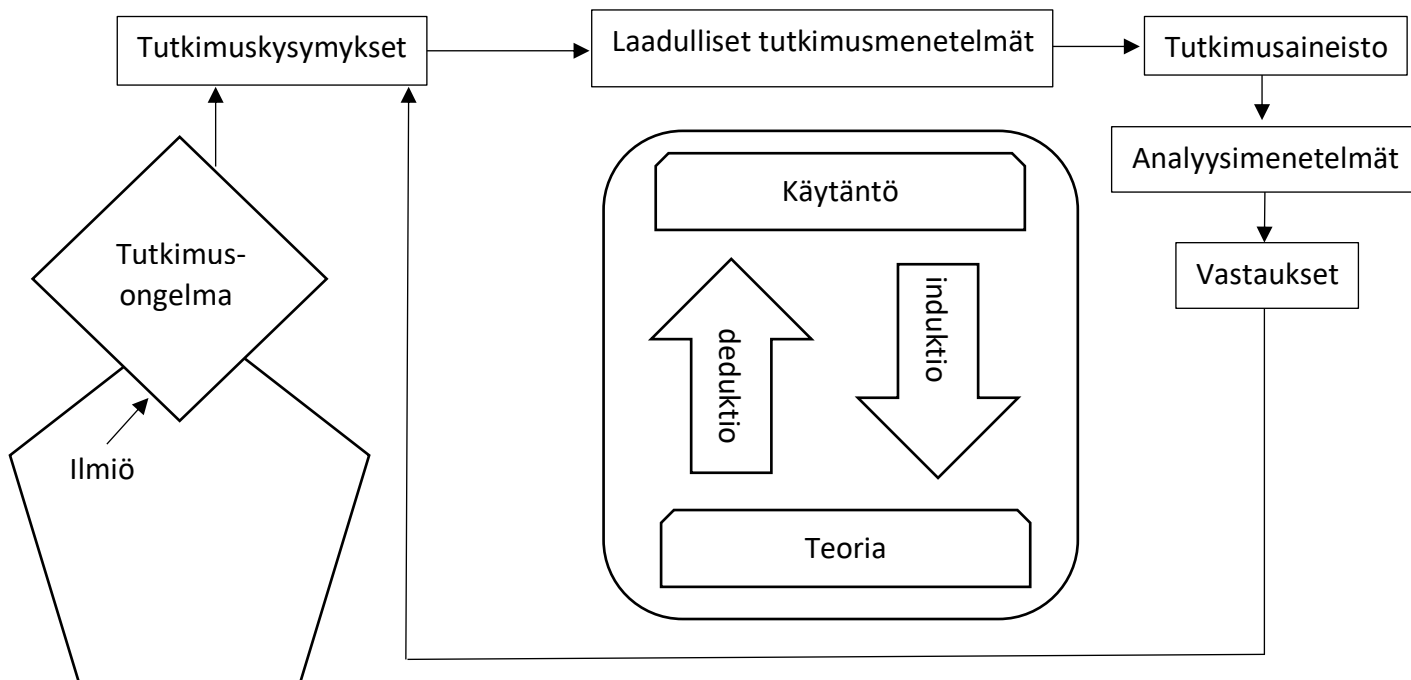
Tapaukset ovat harvoin pelkkiä empiirisiä havaintoja vailla teoriaa, eivätkä koskaan puhdasta teoriaa, koska teoriaa ei voida luoda ilman käytäntöä. Nämä lähtökohdat määrittävät tapaustutkimusta ja luovat tutkimusotteeseen sisäänrakennetun teorian ja käytännön välisen vuoropuhelun, jota on havainnollistettu tämän tapaustutkimuksen osalta edellisen sivun kuviossa 2. Tältä pohjalta opinnäytetyön tutkimuksen tavoitteena olikin tutkia kohteen rakennuttamista yksittäisen tyyppillisen kohteen osalta ja tehdä yleiskuvaus ainutlaatuisesta tapauksesta, jonka tuloksien kautta syvennetään ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä. Tämän tiedon perusteella voidaan tehdä tuloksista yleistyksien kautta tarvittavat päätelmät, joiden perusteella voidaan lopulta vastata tutkimuskysymyksiin. Kun opinnäytetyön tuottamat vastaukset viedään seuraavassa yrityksen kehityshankkeessa käytäntöön ja selvitetään niiden toimivuutta, on jälleen palattu yksittäisestä empiirisestä tapauksesta luodun yleistyksen myötä takaisin käytäntöön. Todellisessa arjessa ratkaisujen toimivuuden kokeileminen ja kokeilusta tehdyt käytännön havainnot joko vahvistavat tai kumoavat laadullisen tutkimuksen tuloksena tuotetut ratkaisut. Tästä on kyse opinnäytetyön tapaukseen liittyvässä käytännön ja teorian välisessä vuoropuhelussa. (Kananen 2013, 50, 61; Laine 2007, 111-112)

Tutkimuskohteeksi valittiin eri rakennustyyppien joukosta uudisrakennushankkeena vuonna 2021 toteutettu vähittäiskauppa rakennus, joka edustaa tekniseltä toteutukseltaan sekä laajuudeltaan

tyypillistä uudisrakennushankkeena toteutettavaa kohdetta työn toimeksiantajalle. Tutkimuksen rajaus tapaustutkimuksena määrällisesti yhteen kohteeseen tehtiin käytännön työn suorittamiseen liittyvien ajallisten reunaehtojen vuoksi.

Tapaustutkimuksen tuloksena tuotettiin tämä opinnäytetyöraportti, joka esittää vastaukset aiemmin raportissa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tapaustutkimuksessa esitettyjä vastauksia ei sovelleta käytäntöön osana tutkimusta. Vaihtoehtoisia tutkimustapoja aiheen käsittelylle olisi ollut kehittämis- tai toimintatutkimus, joissa tehdyn tapaustutkimuksen tuottamia tietoja olisi viety tapaustutkimusta pidemmälle ja kokeiltu sekä arvioitu kokemuksia tutkimuksen osana myös käytännössä. Edellä kuvatuista syistä ja valitun tapaustutkimus lähestymistavan valinnan mukaisesti tätä käytännön kokeilua ei toteutettu tämän tutkimuksen yhteydessä. Opinnäytetyön tutkimustuloksien laajempi hyödynnettävyys ja raportoinnin toimivuus käytännössä on määrä selvittää erillisenä jatkokehityshankkeena työn toimeksiantajan toimesta lähitulevaisuudessa. Tuolloin arvioidaan opinnäytetyön tuottamien tietojen käyttökelpoisuutta käytännössä arvioimalla tulevien elinkaarilaskelmien tuottamien tuloksien sisältöjä sekä raportointia tarkemmin. (Kananen 2013, 61, 75.)

Opinnäytetyöhön valittiin tutkimuskohteen tutkimusaineiston keräämistä varten useita tiedonkeruumenetelmiä. Tutkimuksen laadulliset (kvalitatiiviset) tiedonkeruumenetelmät koostuivat: tutkimuspäiväkirja-, teemahaastattelu- sekä suora- ja osallistuva havainnointi menetelmistä, joiden lisäksi tutkija perehtyi myös aiheen tutkimuksen kannalta merkittävimpiin dokumentteihin-, julkaisuihin sekä raportteihin aiheesta. Tiedonkeruumenetelmien moninaisuus on ominaista tapaustutkimukselle, jossa useat tietolähteet valitaan tutkittavan tutkimusongelman tarvelähtöisesti ja ovat perusteltuja, jotta tutkimusongelman ratkaisemiseksi saadaan muodostettua useiden tietolähteiden avulla mahdollisimman syvällinen ja luotettava kuvaus tutkimuksen kohteesta, joka on yhtä kuin tapaustutkimuksen varsinainen tapaus. (Kananen 2013, 77, 80-83; Aaltola 2001, 159.)



Kuvio 3. Tutkimusasetelmaa havainnollistava kuvaus.

Kuvio 3. havainnollistaa opinnäytetyönä tehdyn tutkimuksen sisältöä, jossa tutkittavaan ilmiöön liittyvästä tutkimusongelmasta on johdettu tutkimuskysymykset, joihin selvitettiin vastauksia laadullisilla tutkimusmenetelmillä. Laadulliset tutkimusmenetelmät tuottavat käytännöstä (empiria) tietoa valituilla tiedonkeruumenetelmillä. Tiedon tuottaminen eteni aineistolähtöisesti ja toteutettiin keräämällä yksittäisestä tapauksesta tietoa, jonka tietosisältöä analysoitiin valitulla analyysimenetelmällä. Tiedonkeruumenetelmien avulla tuotettiin varsinainen tutkimusaineisto, jonka sisältöä pyrittiin analysointivaiheessa tutkimusta yleistämään ja tätä kautta löytämään ratkaisut tutkimuskysymyksiin. Tietoa kerättiin induktiivisella lähestymistavalla useilla laadullisilla tiedonkeruumenetelmillä. (Kananen 2013, 49-50.)

3.1 Tutkimuskonteksti

Opinnäytetyön tapaustutkimus toteutettiin Suomen Osuuskauppojen Keskuskunnalle, joka omistaa ja rakennuttaa rakennuksia koko Suomen alueella useisiin eri käyttötarkoituksiin. Yleisimmät rakennustyyppit ovat kauppa-, ravintola-, hotelli-, liikennemyymälä sekä logistiikka- ja varastointi käyttötarkoituksiin toteutettavia rakennuksia.

S-ryhmän kestävään kehitykseen liittyvä strategia on olla hiilinegatiivinen vuoden 2025 aikana, jossa kaupparyhmän tavoitteena on lisäksi vähentää oman toiminnan päästöjä 90 % vuoden 2015 päästötasosta vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi S-ryhmän tulee kiinnittää jatkossa myös rakennushankkeisiin enemmän huomiota, jotta tulevaisuudessa myös uudisrakennushankkeiden toteutukset vievät säännönmukaisesti kohti kaupparyhmälle asetettuja tavoitteita. Rakennushankkeiden suunnittelunohjauksessa tehtävät päätökset määrittävät uudisrakennushankkeesta aiheutuvat elinkaaren aikana syntyvät päästöt laskennallisesti seuraavaksi 50-vuoden ajanjaksoksi. Tästä syystä toteutuksissa tuleekin kiinnittää erityistä huomioita toteutustapoihin sekä järjestelmä- ja materiaalivalintoihin huomioiden erilaisiin suunnitelmaratkaisuihin sisältyvät päästövaikutukset rakennuksen koko elinkaaren ajalla. Kaupparyhmän oman toiminnan päästötavoitteisiin vaikuttaa osittain myös rakennushankkeissa tehdyt valinnat sekä erityisesti kuinka energiatehokas talotekninen toteutus saadaan rakennettua ja kohteessa rakennushankkeen päätteeksi käyttöönotettua. Oman toiminnan päästöihin sisältyy rakennushankkeissa tuotettavien sisältöjen osalta sähkön- sekä lämmönkulutukseen vaikuttavat järjestelmät sekä kylmäjärjestelmät, joiden osalta kylmäainevuodot ovat oman toiminnan raportoinnin piirissä. Edellä kuvatut oman toiminnan päästöihin raportoitavat osa-alueet koostuvat käytännössä erilaisista rakennushankkeen aikana suunniteltavista ja toteuttavista toimitussisällöistä, joihin liittyvät päätökset tehdään pääosin hankesuunnitteluvaiheessa osana hankkeen suunnittelunohjausta. (S-ryhmä, 2022.)

Vastuullisena toimijana S-ryhmä selvittää myös oman toiminnan lisäksi muita päästöjä aiheuttavia toimintoja ja pyrkii aktiivisesti hakemaan ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi kaikilla osa-alueilla. Tästä esimerkkinä tapaustutkimuksena selvitettävät uudisrakennushankkeisiin liittyvät päästövaikutukset, jonka osalta varsinaisen rakentamisen päästöt eivät ole oman toiminnan päästövähennys tavoitteen piirissä. Tästä huolimatta S-ryhmässä pyritään määrätietoisesti selvittämään ja kerätyn tiedon perusteella jatkossa entisestään vähentämään päästöjä kokonaisuutena myös rakentamiseen liittyvissä toiminnoissa.

Vähähiilinen rakentaminen on saanut viime vuosina yhä enemmän huomiota. Vaikka aihe on paljon esillä alan julkaisuissa, eivät vähähiiliseen rakennuttamiseen liittyvät käytännöt ole vielä vakioituneet yleisesti alalla. Ympäristöministeriö on osaltaan lähtenyt ratkaisemaan asiaa tuottamalla rakennusalan tarvitsemia vähähiilisyteen liittyviä toimintamalleja rakennusalalla käytettäväksi.

Yhtenä käytännön esimerkkinä ympäristöministeriön tuottamasta materiaalista voidaan käyttää rakennushankkeen vähähiilisyden arviointimallia, jonka ympäristöministeriö on laatinut perustuen Euroopan komission Level(s)-menetelmään sekä aiheeseen liittyviin EN-standardeihin. Ympäristöministeriö edistää aihetta tällä tapaa oman vähähiilisen tiekarttansa mukaisesti vaiheittain. Viimeisen vaiheen kolme tavoite on ottaa valtakunnallinen säädösohjaus käyttöön vuoteen 2025 mennessä. Säädösohjauksen käyttöönotto tarkoittaa käytännössä, että jatkossa kaikille luvanvaraisille rakennushankkeille tullaan asettamaan selkeät reunaehdot vähähiilisen rakentamisen näkökulmasta. (Ympäristöministeriö Vähähiilisen rakentamisen tiekartta 2022; Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä, 2019.)

Edellä kuvatusta alan kehityksestä sekä kaupparyhmän kestävä kehityksen tavoitteista johtuen tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää tapaustutkimuksessa toteutettavien elinkaarilaskelmien yhteydessä työn toimeksiantajalle parhaiten soveltuvia käytäntöjä, joiden mukaisesti jatkossa toimien laskelmat tuottaisivat mahdollisimman yhteismitallisia ja täten vertailukelpoisia tuloksia.

3.2 Tiedonkeruumenetelmät ja lähdeaineisto

Aineistolähtöisen tapaustutkimuksen tiedonkeruumenetelmiksi valittiin laadulliseen (kvalitatiiviseen) tutkimukseen soveltuvista tiedonkeruumenetelmistä tutkittavan kohteen perusteella seuraavat menetelmät perusteluineen.

Teemahaastattelu

Teemahaastattelu valittiin keskeiseksi tutkimuksen tiedonkeruumenetelmäksi, koska teemahaastattelulla on mahdollista taltioida autenttisesti aineistoa haastateltavien osalta ja menetelmä mahdollistaa myös tarkennukset haastattelutilanteiden aikana, joille tulee usein tarvetta haastateltavien tuodessa esiin uusia näkökulmia ja tietoa haastattelutilanteissa. Menetelmän valintaan vaikutti haastattelujen kohteena olevien henkilöiden lisäksi myös tutkittava tieto, jonka osalta pyrittiin selvittämään monisyiseen ilmiöön liittyviä eri ilmiöiden välisiä yhteyksiä, joiden selvittäminen haastattelu menetelmällä oli mahdollista, kun vastaajana tilanteessa toimivat tutkittavan aiheen asiantuntijat. Vastaava tutkimus esimerkiksi kyselylomakkeella olisi ollut hyvin vaikea toteuttaa tutkijan omista aiheeseen liittyvistä tiedollisista lähtökohdista. (Hurme 2000, 34-36;

Kananen 2013, 93-94.) Teemahaastattelut ovat sisällöltään lähempänä strukturoimatonta haastattelua kuin strukturoitua haastattelua, jossa kysymyksillä on tarkka muoto ja järjestys. Teemahaastattelusta tekee puolistrukturoidun haastattelun sen sisältö, joka käsittelee aina tiettyä teemaa tai aihetta, jonka vuoksi haastattelun sisältö ei myöskään ole koskaan täysin avointa, kuten syvähaastatteluissa. (Hurme 2000, 48.)

Haastattelut suoritettiin Microsoft Teams viestintä- ja yhteistyöalustalla, joka mahdollistaa videotaapaamiset sekä tapaamisten nauhoituksen ja tiedoston tallettamisen jatkokäyttöä varten. Tapa kerätä haastatteluista tutkimusaineistoa nauhoituksien avulla valittiin, jotta tutkija voi kohdata haastateltavat mahdollisimman luontevasti sekä keskittyä itse haastattelun sisältöön. Tämä menetelmä oli myös perusteltu ja käytännöllinen pitkissä yli tunnin kestävässä haastatteluissa, koska tutkijan ei tarvinnut käytettävissä olevan tekniikan vuoksi tehdä haastattelun aikana omia muistiinpanoja. Teemahaastattelu on myös perinteistä haastattelua ja käsin kirjausta luotettavampi aineiston dokumentointi menetelmä, koska tallenne ei jätä mitään haastattelun osaa pois ja tallenteisiin voidaan aina tarvittaessa palata. (Kananen 2013, 99.) Nauhoitteiden käytön huono puoli on, että aineistoa tulee verrattain paljon ja tarkoituksenmukaisen aineiston kerääminen vaatii haastattelijalta kokemusta ja taitoa keskusteluttaa haastattelun kohteita olennaisista asioista ja pitää keskustelu mahdollisimman tiiviisti aiheessa, jotta kaikkien haastateltavien näkemykset aiheesta saataisiin mahdollisimman kattavasti esiin (Hurme 2000, 35).

Teemahaastattelut järjestettiin teemoittain ryhmäkeskusteluina edeten aina yleisestä aiheeseen liittyvästä teeman mukaisesta keskustelusta päätyen erilaisiin yksityiskohtaisiin teemaan liittyviin kysymyksiin, jonka jälkeen toistettiin samaa tekniikkaa, kunnes palaverin kaikki teemat oli käsitelty. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole mahdollista tietää tarvittavien haastattelujen määrää etukäteen. Tästä syystä haastatteluiden jälkeen teemahaastatteluiden sisältöjä analysoitiin ja sovittiin analysoinnin jälkeen tarvittaessa uusia saman teeman haastatteluita, joissa käsiteltiin edellisissä haastatteluissa esiin tulleet uudet asiat, kunnes kaikki tarvittavat asiat saatiin selvitettyä. Tekniikka, jossa aloitetaan keskustelu ensin yleisellä tasolla ilmiöön liittyen antaa keskustelijoille mahdollisuuden kertoa avoimesti näkemyksiään ja täten rikastaa keskustelua sekä tuottaa uutta tietoa, joka pelkillä suorilla kysymyksillä olisi jäänyt tiedostamatta. Teemahaastatteluiden jatkokierrokset ovat välttämättömiä, jotta tutkimuksen kannalta kaikki olennaiset tiedot saadaan haastateltavilta selvitettyä. (Kananen 2013, 87, 93-96.)

Tutkimuspäiväkirja

Tutkimuspäiväkirjaa tiedonkeruumenetelmänä on käytetty osana tutkimusta tutkimusmenetelmänä, johon on tutkimuksen aikana kirjattu tutkittavaa ilmiötä koskevia keskeisiä havaintoja tutkimusjakson ajalta opinnäytetyö prosessin sekä tapaustutkimuksen materiaalin osalta, josta ei ollut saatavilla kirjallista aineistoa tai videotallennetta tai on muutoin soveltunut parhaiten kyseisen tiedon tiedonkeruumenetelmäksi. Tutkimuspäiväkirjan aineisto täydentää osaltaan tutkimusaineistoa ja on koostettu tekstinkäsittelyohjelmistolla sähköiseen muotoon kyseistä käyttötarkoitusta varten laadittuun määrämuotoiseen päiväkirjapohjaan. Tutkimuspäiväkirjan aineistoja on analysoitu tutkimuksen edetessä aina havaintojen kirjauksien yhteydessä. Analysointi havaintojen jälkeisten kirjauksien yhteydessä on osaltaan mahdollistanut tutkimuksen aikana tutkimuksen ohjauksen analysoinnin perusteella ilmenneiden olennaisten asioiden jatkoselvittämiseksi. (Kananen 2013, 92; Saaranen, 2022.)

Havainnointi

Opinnäytetyössä käytettiin havainnointia tiedonkeruumenetelmänä erilaisissa yhteyksissä, joissa esimerkiksi tutkijan täytyi selvittää tapaustutkimukseen liittyviä asioita suoraan tiedonantajilta. Selvitettävät asiat olivat luonteeltaan tarkennuksia teemahaastatteluiden aikana esiin nousseisiin uusiin asioihin, joihin oli tarpeen saada vastauksia ennen seuraavia teemahaastatteluita. Tutkijan osallistuminen ja suora yhteydenpito tietolähteisiin luokittelee havainnoinnin osallistuvaksi havainnoiksi. Osallistuva havainnointi oli tarpeen etenkin teemahaastatteluiden jälkeisen analysoinnin tuloksia käsiteltäessä, joka osaltaan mahdollisti seuraavien teemahaastatteluiden teemojen sisältöjen määrittämisen tarkoituksenmukaisesti. (Tuomi 2018, 93-95.)

3.3 Tutkimusaineisto

Laadullisen tutkimusaineiston osalta aineiston keruussa kiinnitettiin erityistä huomiota tiedon laatuun, joka on tärkeintä laadullisessa tutkimuksessa tutkittavan asian tai ilmiön ymmärtämisen kannalta. Tiedon määrä on laadullisessa tutkimuksessa toissijainen asia, jonka määrittelee kerätyn tiedon laatu suhteessa tutkimuskysymyksen selvittämiseksi tarvittavaan tietoon. (Vilka 2015, 150.)

Opinnäytetyössä selvitettäviin kysymyksiin haastateltaviksi tiedonlähteiksi valittiin tahoja, jotka työskentelevät läheisesti ilmiöön liittyvien asioiden parissa päivittäin. Tutkittavan ilmiön kannalta

keskeisimmät tietolähteet koostuivat kahden yrityksen asiantuntijoista, jotka ovat päivittäin tekemisissä tutkittavan ilmiön kanssa. (Vilkka 2015, 135.) Edellä kuvatut asiantuntijat konsultoivat ammatikseen asiakkaita vähähiiliseen rakentamiseen liittyvissä uudisrakennushankkeiden elinkaariarvioinneissa, joilla pyritään lähtökohtaisesti ennalta selvittämään rakennushankkeista aiheutuvia ilmastovaikutuksia ja tarpeen mukaan myös ohjaamaan toteutusta vaihtoehtoisilla toteutusmallilla vähähiilisempään lopputulokseen asiakkaille tuotetun tapauskohtaisen tiedon sekä elinkaari-laskelmien avulla. Asiantuntijat toimivat kokoluokiltaan suuressa ja keskisuudessa yrityksessä, joiden henkilökunta sijoittuu maantieteellisesti eri puolille Suomea. Työn toimeksiantajan osalta tapaustutkimusta varten muodostettiin oma projektiryhmä, johon kuului tutkijan edustaman rakennuttamisyksikön lisäksi henkilöitä vastuullisuus-, energia-, hankekehitys- sekä kiinteistöjohdon yksiköistä. Kattava kaikki toimeksiantaja tahon eri toiminnot sisältävä edustus koettiin tarpeelliseksi, jotta tapaustutkimuksessa tulee huomioitua mahdollisimman kattavasti kaikki toimeksiantaja tahon eri toimintoihin liittyvät tarpeet osana opinnäytetyön toteutuksen tuottamaa tietoa (Vilkka 2015, 136). Lisäksi raportoinnin kehitystä varten konsultoitiin tilaaja organisaation ulkopuolelta digitaalisiin ratkaisuihin erikoistunutta konsulttia, jolta selvitettiin syvällisemmin raportointiin liittyviä jatkokehitys mahdollisuuksia osana tapaustutkimusta. Yhteensä tapaustutkimukseen suoraan liittyvien osallistujien määrä tutkimusryhmässä oli neljätoista henkilöä, joista elinkaariarvioiteihin erikoistuneiden asiantuntijoiden osuus oli seitsemän henkilöä, toimeksiantajan edustajia mukaan lukien tutkija oli kuusi henkilöä sekä raportoinnin kehitystä varten konsultoitu yksittäinen henkilö. Tutkimukseen valittujen elinkaari-laskelmia tuottavien tahojen määrä rajattiin kahteen toimijaan. Rajaus perustui toimijoiden tuottaman tutkimusaineiston analysointiin käytettävissä olevan resurssin asettamiin rajoituksiin. (Tuomi 2018, 97).

Tutkimusaineiston kerääminen teemahaastatteluiden digitaalisista tallenteista perustui haastateltavien osalta vapaaehtoisuuteen. Toimeksiantaja tahon ulkopuolelta haastateltujen osapuolten osalta on huomioitava arvioitaessa tutkimustuloksien luotettavuutta, että molemmat haastateltavat tahot toimivat palveluntuottajina opinnäytetyön toimeksiantajalle. Tämä tutkimusryhmän jäsenten osapuolten välinen asetelma voi joissain tapauksissa heikentää haastattelutuloksien luotettavuutta, koska palveluntuottajien intressi on tapaustutkimuksessa ammattitaidon osoittamisen lisäksi säilyttää mahdollisuus toteuttaa yhteistyötä jatkossa, joka osaltaan voi vaikuttaa palveluntuottajien vastauksien sisältöihin. (Vilkka 2015, 198.)

Tapaustutkimukseen osallistuneiden tahojen henkilötietoja ei käsitellä julkisesti tutkimuksessa. Tutkimukseen osallistuneille henkilöille määriteltiin tutkimuksen aikana anonyymit tunnisteet, joilla tutkimuksen eri osapuoliin viitataan tapaustutkimuksen raportoinnissa. Tunnisteet on jaoteltu eri tahoja edustavien tunnisteiden mukaisesti. T-kirjaimella alkavat tunnukset viittaavat toimeksiantajan edustajaan. P-kirjaimella alkavat tunnukset palveluntuottajaan. Erilliset tunnukset luotiin tällä jaottelulla kaikille tutkimusryhmään kuuluville henkilöille, jotta raportin lukija saa käsityksen tunnisteiden avulla viitatusen osapuolen roolista tutkimuksen raportointia lukiessa.

Laadullisessa tutkimuksessa olennaista ei ole kerätyn tiedon määrä. Olennaista on kerätyn tiedon laatu suhteessa tutkimusongelmaan, jotta ilmiöstä saadaan tutkimuksen tuloksena riittävän kattava ja syvä kuvaus, josta voidaan tehdä tarvittavat päätelmät ja vastata lopulta tutkimuskysymyksiin. Tässä tutkimuksessa edellä kuvattu tiedonkeruu yhdistettynä tapaustutkimuksen aikana teetettyihin elinkaarilaskelmiin muodostivat yhdessä riittävästi tutkimustietoa, joilla tarvittavat päätelmät voitiin tehdä tutkimustuloksien perusteella ja johtaa tätä kautta tutkimuskysymysten vastauksiksi. Tutkimusaineiston riittävyttä arvioitiin tässä tutkimuksessa perustuen tutkimusongelman selvittämiseksi tarvittavaan tietosisältöön. Yleisesti teemahaastatteluiden aineiston riittävyttä on arvioitu lisäksi vaihtoehtoisella saturaatio menetelmällä. Tätä menetelmää ei kuitenkaan voitu soveltaa tähän tutkimukseen tutkittavien tapausten vähäisen määrän vuoksi. (Vilka 2015, 150; Kananen 2013, 95.)

3.4 Tutkimusaineiston analysointi

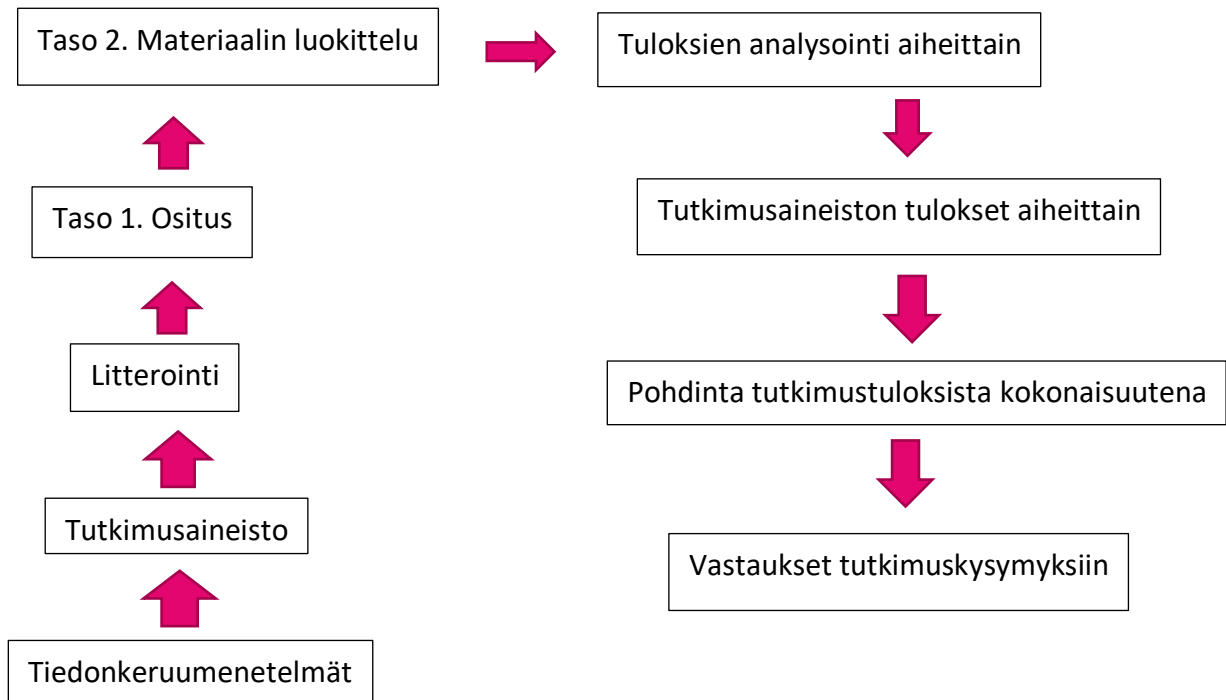
Laadullisen tutkimuksen analysointia varten valittiin tiedonkeruumenetelmien tuottamia aineistoja vastaavan tutkimusongelman ratkaisemiseksi parhaiten soveltuva analysointimenetelmä. Tutkimustuloksien kannalta keskeisimmän tutkimustiedon tuottivat tiedonkeruumenetelminä käytetyt teemahaastattelu sekä teemahaastattelua täydentävät tiedonkeruumenetelmät tutkimuspäiväkirja sekä havainnointi. Tutkimusaineiston analyysin lopputuloksena tutkimusongelmaan liittyvät tietotarpeet olivat jäsentyneet aihealueittain ja analysoidun aineiston perusteella oli mahdollista tehdä tarvittavat päätelmät tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi.

Tapaustutkimuksen aikana tutkimusaineistoa analysoitiin samanaikaisesti tiedonkeruun aikana analysoimalla teemahaastatteluiden tuottamaa tutkimusaineistoa säännönmukaisesti aina haas-

tatteluiden jälkeen, jonka perusteella kohdennettiin esille nousseiden uusien selvitettävien asioiden pohjalta teemat tulevien teemahaastatteluiden osalta. (Kananen 2013, 79, 95; Hurme 2000, 152.)

Tapaustutkimuksen kenttävaiheen jälkeen teemahaastatteluiden sisältöä analysoitiin yhdessä muun tutkimusaineiston kanssa tarkemmin kokonaisuutena. Lähtökohta edellä kuvatun tutkimustiedon käsittelylle oli ensi vaiheessa litteroida tieto kirjaamalla kaikki olennainen liittyen tapaustutkimuksen tutkimusongelmaan sekä samanaikaisesti rajaamalla pois kaikki epäolennainen tieto, joka ei ole olennaista tapaustutkimuksessa käsiteltävälle tutkimusongelmalle. Laadullisessa tutkimuksessa epäolennaista tietoa muodostuu väistämättä osana tiedonkeruuta, jonka osalta tutkijan tuleekin kyetä suodattamaan vain tutkimusongelman kannalta olennaiset asiat käsiteltäessä tutkimusaineistoa. Tämä on tärkeää, jotta tutkimusaineisto koostuu vain tutkittavan ongelman ratkaisemiseksi tarvittavasta tiedosta, eikä epäkurantti tieto pääse johtamaan tutkimusta asetettujen rajoitusten ulkopuolelle tutkimukseen kuulumattomiin asioihin. (Tuomi 2018, 104-105.)

Analysointi toteutettiin vaihe vaiheelta etenevänä prosessina, jossa ensi vaiheessa litteroitiin kaikki kerätty tutkimusaineisto tekstinkäsittelyohjelmalla. Tämä käytännössä tarkoitti teemahaastatteluiden tallenteiden sekä tapaustutkimuksen aikana kirjattujen havaintojen ja tutkimuspäiväkirjan sisällön kirjaamista kokonaisuudessaan tekstimuotoon. Litteroinnin valmistuessa aineisto taulukoitiin ja taulukkoon lisättiin uusi sarake tutkimusaineiston viereen aineiston osittamista varten. Osituksessa tutkimusaineistosta tehtiin tiivistelmät asiasisällön osalta. Seuraavassa vaiheessa lisättiin vielä uusi sarake tiivistelmän viereen, jossa materiaali luokiteltiin tiivistetyn asiasisällön perusteella tutkimusongelmaan liittyviin käsitteisiin. Lopulta edellä kuvatun aineiston käsittelyn ja luokittelun perusteella oli mahdollista toteuttaa analysointi ja tulkita aineistoa. (Kananen 2013, 103-104; Hurme 2000, 177.)



Kuvio 4. Laadullisen tutkimusaineiston käsittely tapaustutkimuksessa.

4 Vähähiilinen rakentaminen

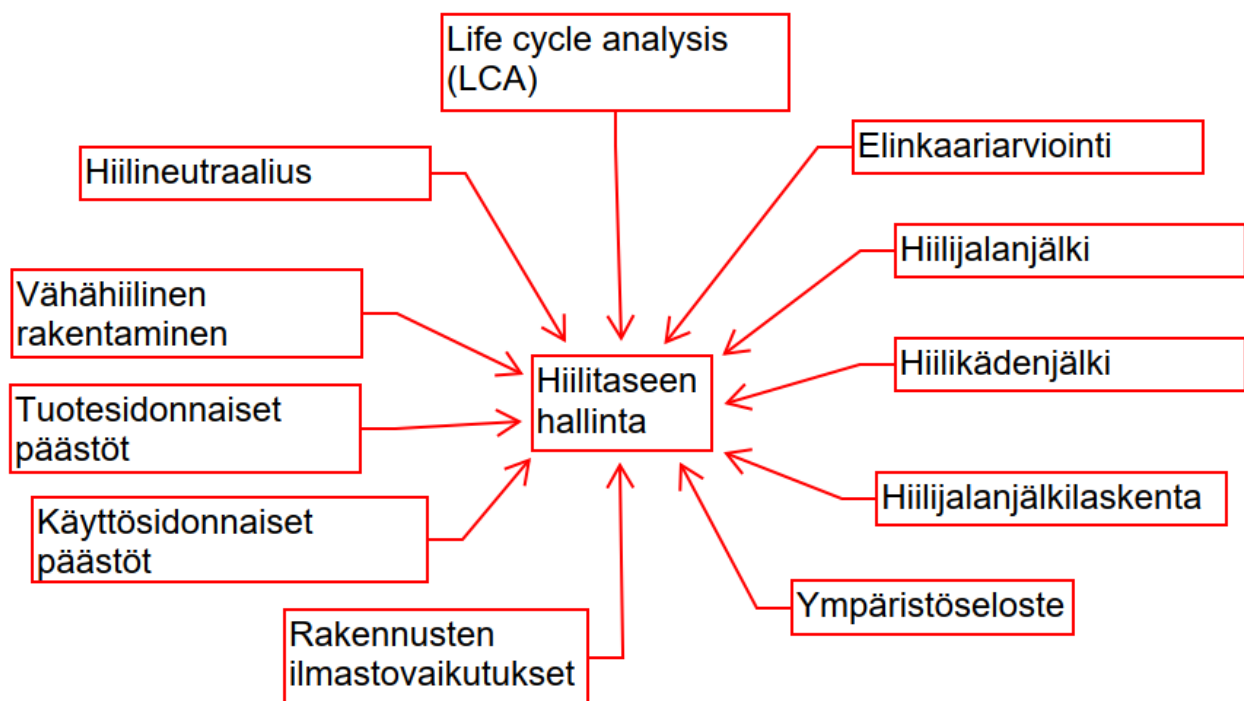
Tapaustutkimuksen tietoperusta muodostettiin seuraavissa luvuissa tarkemmin kuvatuilla menetelmillä käsitteiden sekä edelleen käsitteistä luodun käsitekartan avulla suoritettujen tietokantahakujen sekä yleisten hakujen tuloksista. Tietoperusta kokonaisuudessaan koostuu tutkimusaihetta käsittelevistä ajankohtaisista julkaisuista sekä tutkimuksista, jotka sisältävät olennaista tietoa tapaustutkimuksessa selvitettävien asioiden osalta.

4.1 Vähähiiliseen rakentamiseen liittyvät keskeisimmät käsitteet ja yksiköt

Vähähiiliseen rakentamiseen liittyy paljon käsitteitä, joista keskeisimmät tutkimusraportoinnissa ja ilmiötä käsittelevissä julkaisuissa käytetyt käsitteet sekä yksiköt, joilla tuloksia yleisesti raportoidaan, on tässä luvussa pyritty selventämään. Käsitteiden selvitys erillisenä lukuna tutkimusraportin osana koettiin tarpeelliseksi, jotta tutkimuksen lukija voi tulkita raportin sisältöä samalla tapaa, kun tutkija on raportoidessaan tarkoittanut. Käsitteiden rooli itsessään on olennainen osa tutkimuksen sisältöä. Määrittelemällä keskeisimmät aiheeseen liittyvät käsitteet, mahdollistetaan tutkittavan aineiston systemaattinen tiedonhaku (Aaltola 2001, 60). Käsitteiden määrittely luo myös

perustan myöhemmin sisältöanalysoinnissa tehtävälle luokittelulle sekä tätä kautta tehtäville yleistyksille. Käsitteiden avulla voidaan myös paremmin hahmottaa käsiteltävää aihetta sekä kommunikoida tutkimusryhmän kesken luontevasti, kun terminologia ja siihen liittyvät käsitteet ymmärretään kaikkien tutkimukseen osallistuvien kesken samalla tavalla. (Kananen 2013, 37-38.)

Alla esitetty käsitekartta (Kuvio 5) toteutettiin osana tutkimusta aiheen tiedonhakua sekä aiheen rajaamista varten. Käsitekartta muodostettiin purkamalla tutkimuksen aihe hiilitaseen hallintaan liittyviksi käsitteiksi, jotka liittyvät keskeisesti tutkimusaiheeseen.



Kuvio 5. Käsitekartta tapaustutkimuksen keskeisimmistä käsitteistä.

Käsitekartan laadinnan yhteydessä tunnistettujen tutkittavaan aiheeseen liittyvien keskeisimpien käsitteiden määrittelyt on avattu tarkemmin alla. Käsitteiden määritelmässä kuvataan täsmällisesti mistä käsitteessä on kyse, jolloin käsitettä voidaan käyttää ja ymmärtää täsmällisesti ilman, että käsitteen merkitys sekoittuu muihin alalla yleisesti käytettyihin käsitteisiin (Kananen 2013, 41).

Vähähiilinen rakentaminen tarkoittaa tässä tutkimuksessa pyrkimystä rakennushankkeen lopputulokseen, jonka toteuttamiseen sekä käytönaikaiseen vaiheeseen sitoutuu tavanomaista rakentamista vähemmän päästöjä materiaali- sekä energiavirtojen osalta (Häkkinen & Kuittinen 2020, 92).

Elinkaariarviomenetelmä arvio kokonaisuutena elinkaaren aikana tuotteen raaka-aineiden hankinnasta aina loppusijoitukseen tai kierrätykseen saakka muodostuvat ympäristövaikutukset (Häkkinen 2020, 72).

Tuotesidonnaiset päästöt (embodied GHG emissions) tarkoittavat rakentamiseen valitun tuotteen tuotesidonnaisia kokonaispäästöjä, jotka muodostuvat käytännössä rakentamiseen tarvittavien tuotteiden valmistuksen eri vaiheissa sekä tuotteen elinkaaren aikana ylläpidon- sekä elinkaaren lopun purkamiseen liittyvissä elinkaarivaiheissa valittuun tuotteeseen sitoutuvista päästöistä (Häkkinen 2020, 180).

Käyttösidonnaiset päästöt (operational emission) tarkoittavat rakennuksen käyttötarpeista aiheutuvien kasvihuonekaasujen määrää. Käyttösidonnaiset päästöt muodostuvat rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesta rakennuksen käyttöön liittyvästä toiminnasta. Tyypilliset käyttösidonnaiset päästöt aiheutuvat lämmityksestä sekä sähkönkulutuksesta (Häkkinen 2020, 180).

Jalanjälki on tutkimuksessa käytetty mittari, jolla voidaan käsitellä tutkimuskohteeksi valitun tuotteen tai tässä tapauksessa rakennuksen ympäristövaikutuksia valitun yksittäisen näkökulman osalta (Häkkinen 2020, 72).

Hiilijalanjälki / Hiilikädenjälki käsitteet on määritelty Tarja Häkkisen ja Matti Kuittisen laatimassa teoksessa Kohti Vähähiilistä rakentamista seuraavasti:

”**Hiilijalanjälki.** Tuotteen tai palvelun potentiaalinen vaikutus ilmastonmuutokseen. Tuotejärjestelmän kasvihuonepäästöjen ja -nielujen summa ilmaistuna hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂e).” (Häkkinen 2020, 180)

”**Hiilikädenjälki.** Hiilikädenjäljellä tarkoitetaan sellaista ilmastohyötyä, joita voidaan saavuttaa rakennuksen elinkaaren aikana ja joita ei syntyisi ilman rakennushanketta.” (Häkkinen 2020, 180)

Hiilineutraalius tarkoittaa tilannetta, jossa hiilidioksidipäästöjä vapautuu ilmakehään enintään niin paljon kuin niitä on samanaikaisesti mahdollista sitoa ilmakehästä hiilinieluihin (EU 2022).

Hiilinieluksi voidaan määritellä esimerkiksi metsä tai valtameri. Hiilinielun määrittelee sen kyky sitoa enemmän hiilidioksidia itseensä, kuin päästää ilmakehään (EU 2022).

EPD-ympäristöseloste (Environmental Product Declaration) tarkoittaa kolmannen osapuolen verifioidun ympäristöselostetta, joka esittää tuotekohtaisesti tuotteen ympäristövaikutukset koko tuotteen elinkaaren ajalta EN 15804 standardin mukaisesti. Standardoitu malli tuottaa vertailukelpoista tietoa, jolla vastaavien ympäristöselosteiden omaavia tuotteita voidaan verrata rakennusosatasolla keskenään. Ympäristöselosteet ovat yrityksille vapaaehtoisia kolmannen osapuolen verifioiduista selosteista (Rakennustieto 2022).

Elinkaarikustannuslaskenta (LCC) = Life Cycle Costing -menetelmä, jolla lasketaan rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät kustannukset sisältäen suunnittelun, hankinnat, rakentamisen, tilojen käytön, ylläpidon sekä korjauksien ja purkuvaiheeseen liittyvät kustannukset. (Laurila 2021, 15)

Kansallinen päästötietokanta = Tutkimuksessa viittaukset kansalliseen päästötietokantaan tarkoittavat Suomessa käytössä olevaa rakentamisen päästötietokantaa, josta selviää Suomessa käytössä olevien rakennustuotteiden sekä tuotteisiin liittyvien prosessien sekä palveluiden keskimääräisiä päästötietoja. Tietokantaa ylläpitää Suomen ympäristökeskus SYKE ympäristöministeriön toimeksiannosta. (SYKE 2022.)

Elinkaarilaskelmissa käytettävät yksiköt:

tCO₂e = tonnia hiilidioksidiekvivalenttia elinkaaren aikana (Häkkinen, 2020, 55).

kgCO₂e/m²/a = kiloa hiilidioksidiekvivalenttia neliölle vuodessa (Häkkinen, 2020, 55).

4.2 Tiedonhaussa käytetyt hakutermit ja valitut tietokannat

Tiedonhaussa käytetyt hakutermit muodostettiin käsitekartassa esitettyjen käsitteiden avulla suoritettujen tiedonhakujen perusteella. Asiasanoja selvitettiin osana tutkimusta kansalliskirjaston Finto-sanastopalvelun avulla. Finto.fi sanastopalvelua kehitetään Kansalliskirjaston toimesta ja avoin palvelu on tarkoitettu yleisesti hyödynnettäväksi sanastojen, ontologioiden ja luokitusten julkaisua sekä käyttöä varten (Kansalliskirjasto 2022). Kansalliskirjaston palvelu tuotti tutkimusaiheeseen liittyviä asiasanoja käsitekartan sisältöjä hakukenttään syöttämällä sekä vahvisti osan käsitekartan käsitteistä suoritettujen hakujen perusteella.

Tiedonhaussa käytettiin lisäksi omia hakusanoja tiedonhaun tuloksien osuvuutta parantamaan. Omia hakusanoja olivat: *hiili*, hiili*, hiilineutraali, hiilineutraalisuus, vähähiili*, hiilinega*, "hiilijalanjäljen arviointi", rakennuksen hiilijalanjälki, rakennuksen elinkaari, elinkaariarviointi, hiilijalanjäljen arviointi sekä ympäristöseloste.

Tutkimukseen valittiin käytettäväksi tietokannoiksi suomalaisen sisällön osalta Aaltodoc sekä Melinda tietokannat. Ulkomaista tietoa haettiin ProQuest tietokannasta.

4.3 Tietokantahakujen sisältö ja tulokset

Tietokantahaut suoritettiin seuraavalla sivulla olevassa taulukossa (Taulukko 1) esitetyillä hakusanoilla valituista tietokannoista. Tietokantahakujen tuloksia suodatettiin ensimmäisessä vaiheessa otsikon perusteella. Otsikon perusteella valituista tuloksista tarkasteltiin seuraavaksi tiivistelmien sisältöjä, joiden perusteella lopulta valittiin tapaustutkimukseen soveltuvat aineistot.

Tietokantahakuihin valittiin kolme erillistä tietokantaa, jotka kaikki käsittelevät alaan liittyvää tutkimustietoa. Tietokantahaut tuottivat tutkimusaiheeseen liittyvillä keskeisimmillä hakusanoilla kahden tason suodatusperiaatteen päätteeksi yhteensä viisi tulosta, jotka soveltuivat tapaustutkimukseen aikaisemmin tehtyinä tutkittavan aihepiirin julkaisuina.

Tietokanta	Hakusana(t)	Aikajakso / ha- kuun liittyvät muut huomiot	Hakutulokset	Valinta otsi- kon perus- teella, taso 1	Valinta tiivis- telmän perus- teella, taso 2
Aaltodoc	*hiili* AND ra- kennuttaminen OR LCA OR *neutr* OR *nega*	Ei mahdolli- suutta rajata.	77-kpl	3-kpl	2-kpl
Melinda	hiili AND raken- nuttaminen OR LCA OR neutr OR nega	2019-2022	43-kpl	4-kpl	2-kpl
ProQuest	CONSTRUCTING AND BUILDING AND EPD AND DESIGN	Hakutulokset viimeisimmän 12-kk ajalta tehdyistä jul- kaisuista, haku tehty pvm 31.7.2022	17-kpl	2-kpl	1-kpl

Taulukko 1. Tietokantahakujen tulokset taulukoituna.

4.4 Aikaisemmat tutkimukset

Tietokantahakujen perusteella tapaustutkimuksia vähähiiliseen rakentamiseen liittyen ei ole aiemmin toteutettu vähittäiskaupan rakentamiseen liittyen. Tietokantahakujen tuloksista samaa tutkittavaa aihepiiriä käsitteleviä tutkimuksia löydettiin kuitenkin runsaasti, jonka vuoksi tuloksia oli tarpeen suodattaa. Tapaustutkimuksen kannalta sisällöltään olennaisilta osin tutkimukseen

soveltuvia ja ajankohtaisia aikaisemmin toteutettuja tutkimuksia löydettiin tietokantahakujen avulla lopulta tiivistelmien perusteella yhteensä viisi kappaletta.

Aikaisemmat tapaustutkimuksen tietoperustaan liittyvät julkaisut koostuivat yhdestä kansainvälisestä tutkimuksesta, joka käsitteli tapaustutkimuksena yksittäistä rakennuskohdetta, jonka toteutuksessa erityisenä tarkoituksena oli selvittää ja arvioida rakennuksen toteutukseen käytettävissä olevien ratkaisuiden uusiokäyttöä sekä hiilineutraaliutta lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (Al-Obaidy, 2021). Hakutuloksien suomenkieliset julkaisut koostuivat kahdesta aiheeseen liittyvästä diplomityöstä, joiden sisällöt käsittelevät vähähiilisen rakennuttamisen prosessia sekä hankekehitys- ja suunnitteluvaiheita vähähiilisessä rakentamisessa. Tietokantahakujen kaksi viimeistä ajankohtaisuuden ja aiheen perusteella valittua julkaisua koostuivat vähähiilisen rakentamiseen tuotetuista oppaista, joista toinen käsittelee vähähiilisyyden arviointia sekä suunnittelua aiheeseen liittyvien teorioiden pohjalta (Häkkinen 2020). Toinen julkaistu opas lähestyy ja raportoi tutkittavasta aiheesta tapaustutkimuksena, joka selvittää aiheeseen liittyviä teorioita sekä käytäntöjä todellisen tapauksen kautta (Keskisalo 2020).

4.5 Euroopan unionin ilmastopolitiikka ja ilmastotavoitteet

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat äärimmäiset sääilmiöt ovat lisääntyneet kaikkialla maailmassa. Tämän seurauksena tulvat, helleaallot sekä rankkasateet ovat yleistyneet myös Eurooppaan kuuluvilla alueilla. Tilanteen korjaamiseksi hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC on tehnyt vahvan suosituksen, jossa keskeistä on pyrkiä vähentämään hiilidioksidipäästöjä tavoitteellisesti, jotta vuoteen 2050 mennessä voidaan saavuttaa hiilineutraali taso. Vastaava tavoite on kirjattu lisäksi Pariisin ilmastopöytäkirjaan, jonka ovat allekirjoittaneet 195 eri maan edustajat. (EU 2022.) Edellä kuvattu ilmastokriisi on lähtökohta, jonka perusteella Euroopan unioni on kehittänyt omaa ilmastopolitiikkaansa käynnissä olevan ilmastokriisin hillitsemiseksi.

Euroopan ilmastotavoitteet koostuvat edellä kuvatusta 2050 hiilineutraalius tavoitteesta sekä tähän tavoitteeseen liittyvistä lukuisista toiminnoista, jotka ovat osa Euroopan unionin ilmastopolitiikan vihreän kehityksen ohjelmaa, joka laadittiin vastaamaan ilmastokriisin asettamiin haasteisiin sekä tilanteen vakauttamiseksi. EU:n vihreän kehityksen ohjelmassa esitetään ohjelman toimenpiteistä muodostuvia hyötyjä sekä konkreettisia nettovähennystavoitteita eri kehitettäville osa-alueille. Tavoitteiden saavuttamiseksi toimenpiteitä vaaditaan suoritettavaksi kaikilla aloilla. (Euroopan

vihreän kehityksen ohjelma 2022.) Seuraava EU:n ilmastotavoite koostuu 55 % päästövähennystavoitteesta vuoteen 2030 mennessä, jossa päästöjä verrataan vuoden 1990 tasoon. Tämä välitavoite yhdessä ilmastoneutraali 2050 tavoitteen kanssa on kirjattu Euroopan ilmastolakiin. Komissiolle on lisäksi tehty esitys 2040 vuoden välitavoitteesta, jolla voitaisiin varmistaa kehitys kohti lopullista tavoitetta. (EU 2022.)

4.6 Kansalliset päästövähennystavoitteet

Kappaleessa 4.5 esitetyistä EU:n tavoitteista on edelleen johdettu kansallisia kasvihuonekaasujen päästötavoitteita EU:n jäsenmaille, joiden määräaika on vuoteen 2030 mennessä. Kansallisten päästövähennystavoitteiden tarkoitus on määrittellä EU-maille maakohtaiset päästövähennystavoitteet perustuen taakanjakoasetukseen, jossa jokaiselle EU-maalle määritellään sitovat tavoitteet kasvihuonepäästöjen osalta aloilla, jotka eivät vielä ole EU:n päästökauppajärjestelmän piirissä. Näihin aloihin lukeutuu myös rakentaminen, jonka toimialan päästövähennystavoitteet ovat täten lähtöisin EU:n ilmastopolitiikan päätavoitteeseen liittyvistä toimista, joilla on tarkennettu tavoitteen sisältö kattamaan myös kansallisella tasolla olevia päästökauppajärjestelmän ulkopuolella olevia toimialoja, kuten rakentamisen toimiala. Jäsenvaltioiden kyky vähentää päästöä vaihtelee, jonka vuoksi tavoiteasetanta on tehty perustuen maan asukaskohtaiseen bruttokansantuotteen. Suomelle tämän periaatteen mukaisesti määritelty jäsenvaltio kohtainen päästövähennyksen määrä vuoteen 2030 mennessä on -50 % kohdemaan vuoden 2005 tasoon nähden. (EU, Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen: kansalliset tavoitteet vuodeksi 2030, 2022)

Tavoitteisiin pääseminen Suomen osalta vaatii toimialakohtaista suunnitelmallista etenemistä kohti päästövähennyksiä kaikilla toimialoilla, jonka vuoksi Suomen hallitus on käynnistänyt useita ilmastoon liittyviä hankkeita viime aikoina. Suomella on EU:n tavoiteasetannan lisäksi oma päästövähennystavoite olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Keskeisimmät hallituksen hankkeet tavoitteen saavuttamiseksi rakentamisalaan liittyvien päästövähennyksien osalta ovat ilmastolain uudistus, toimialakohtaiset vähähiilitiekartat sekä ympäristöministeriön toimesta laadittu vähähiilisen rakentamisen tiekartta. (Valtioneuvosto, 2022)

4.7 Ympäristöministeriö vähähiilisen rakentamisen tiekartta

Ympäristöministeriö on tuottanut päästövähennyksiä varten vähähiilisen rakentamisen tiekartan, jonka tarkoituksena on ollut alun perin vähentää rakentamisen sekä erityisesti rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä. Tiekartan tehtävä on lisäksi ollut edistää käytäntöjä, joilla Suomi voi saavuttaa rakennusallalle asetetut ilmastotavoitteet. (Ympäristöministeriö, Vähähiilisen rakentamisen tiekartta, 2022)

Tiekartta itsessään on nykyisessä muodossaan kuvattu ympäristöministeriön julkaisussa kolme vaiheisena kehityksenä, jonka lopullinen päämäärä on säädösohjauksella luvanvaraisten rakennushankkeiden ohjaaminen asteittain sekä rakennuskannan päästötietojen systemaattinen raportointi. Julkaisussa kerrotaan, että VTT on tehnyt tiekartasta vuonna 2018 vaikutusarvion, jossa todetaan raja-arvo ohjaukseen perustuva säädösohjaus vaikuttavimmaksi ohjauskeinoksi vähentää kasvihuonepäästöjä. Arvion mukaan päästövähennys voisi tällä toimintamallilla olla jopa puoli miljoonaa tonnia kasvihuonekaasua vuodessa. Tiekartasta tehdyn selvityksen perusteella säädösohjaus kohdistuu ensisijaisesti uudisrakennushankkeisiin. Säädösohjauksella olisi tarkoitus lähtökohdaisesti myös vaikuttaa rakennuksen elinkaaren käytönaikaiseen energiankulutukseen ohjaten hankkeita mahdollisimman vähäpäästöisiin toteutuksiin myös tämän osa-alueen osalta. (Ympäristöministeriö, Vähähiilisen rakentamisen tiekartta, 2022)

Osana vähähiilisen rakentamisen tiekarttaa käsitellään myös rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmiä, joista ensimmäinen malli julkaistiin vuonna 2019. Ensimmäisen julkaisun jälkeen seurasi vuoden 2020 testausjakso, jonka perusteella arviointimenetelmään tehtiin tarkennuksia testijaksolla tehtyjen havaintojen sekä jaksoa seuranneen lausuntokierroksen perusteella. Näiden toimenpiteiden tuloksena julkaistiin vuonna 2021 uusi arviointimenetelmä luonnoksena, jonka arviointimenetelmä perustuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään sekä aiheeseen liittyviin EN-standardeihin, jotka osaltaan mahdollistavat arviointimenetelmällä tuotettujen aineistojen tuloksien vertailun muihin EN-standardien mukaisesti suoritettuihin laskentatuloksiin. (Ympäristöministeriö, Vähähiilisen rakentamisen tiekartta, 2022; Ympäristöministeriö 2. , 2021; Ympäristöministeriö, Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä, 2019)

4.8 Yhteenveto vähähiilisestä rakentamisesta Suomessa

Tietoperusta tapaustutkimuksen tutkittavalle ilmiölle vähähiilinen rakentaminen muodostui useista eri lähteistä tutkittavan ilmiön laajuuden vuoksi. Vähähiilinen rakentaminen ilmiönä voidaan jakaa useisiin merkittäviin osatekijöihin, joista tapaustutkimuksen kannalta olennaiset valittiin osaksi tapaustutkimuksen tietoperustaa. Keskeisin tietoperustan sisältö muodostettiin tutkimuksen aikana käsittekartan käsitteistä johdetuilla asiasanoilla tietokantahakujen tuloksista. Tietokantahaut tuottivat sisällöltään tapaustutkimuksen tietotarpeisiin täsmällistä sisältöä, joka koostui tutkimuksessa tutkittavaan aiheeseen liittyvistä ajankohtaisista tutkimuksista sekä muista julkaisuista, joiden perusteella aihetta oli mahdollista jäsentää tarkemmin osana tutkittavaa ilmiötä. Tapaustutkimuksen kannalta merkittävimmät lähteet muodostuivat tapaustutkimuksessa suoritettavien hiilijalanjälkilaskelmien vuoksi Suomen ympäristöministeriön julkaisuista. Ympäristöministeriön laatima luonnos rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnista 2021 valittiin ajankohtaisimpana aihetta käsittelevänä julkaisuna työssä sovellettavaksi lähteeksi, jonka tietosisältöön perustuen työssä myös muodostettiin näkemyksiä kaupparyhmälle parhaiten soveltuvista käytännöistä hiilijalanjälkilaskelmien osalta (Ympäristöministeriö 2. , 2021). Tutkimuksen tietoperustassa kuvattiin olennaisena osana ilmiötä Euroopan unionista lähtöisin olevaa ilmastopolitiikkaa ja tätä kautta johdettuja päästövähennystavoitteita koko Euroopalle, jotka lopulta kansallisten päästötavoitteiden kautta on kohdennettu suoraan eri jäsenmaille. EU:n asettamien päästövähennystavoitteiden sekä niiden yhteydessä kehitettyjen EN standardien pohjalta on myös ympäristöministeriön arviointimallit laadittu käytännön työkaluksi kehittämään koko rakennusalaan hiilineutraaliin suuntaan akuutin ilmastokriisin välttämiseksi. (EU kansalliset tavoitteet 2030; YM vähähiilisen rakentamisen tiekartta 2022.)

Tapaustutkimuksessa lähestyttiin korostuneen avoimesti erilaisia aineistoja sekä menetelmiä, koska tapaustutkimuksen tarkoitus oli löytää parhaat käytännöt jatkossa elinkaarilaskelmien suorittamiseksi sekä tuottaa tietoa, jota voidaan jatkossa hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti S-ryhmän vähähiilisyyteen liittyvien tavoitteiden saavuttamiseksi. Tästä syystä ilmiötä tutkiessa syvennettiin myös diplomitöihin, jotka käsittelivät vähähiilisen rakennuttamisen prosessia (Laurila 2021) sekä hankekehitys- ja suunnitteluvaihetta osana vähähiilistä rakentamista (Pyrhönen 2019). Diplomitöiden sisältöihin tutustuminen helpotti tapaustutkimuksen yhteydessä tarkennettavien käytäntöjen tarpeiden tutkimista vähähiilisen rakentamisprosessin eri hankevaiheisiin liittyen.

Ulkomaisista tietokannoista tehdyt tietokantahaut muodostivat osaltaan tutkimukseen kansainvälisen näkökulman, jossa ulkomaisen tutkimustuloksen perusteella muodostui tutkijalle tarkempi käsitys kansainvälisen tutkimuksen tilasta vähähiilisen rakentamisen osalta. Ulkomainen tutkimus vahvisti tutkijan käsityksiä tutkittavan aihepiirin haasteista, jotka ilmenivät tutkimuksissa olevan hyvin samankaltaiset, joita Suomessa parhaillaan ja lähitulevaisuudessa tullaan ratkomaan aiheeseen liittyen. Tapaustutkimuksessa hyödynnettiin osana tietoperustaa kansainvälisen tutkimuksen esittämiä tutkimustuloksia teräs- sekä puurakenteiden elinkaari päästöistä, jotka osaltaan vahvistivat tutkijan ennakkokäsityksiä aiheesta. Uutta tietoa tutkijalle selvisi tutkimuksessa esitettyjen materiaalien uusiokäyttöön liittyvien käytäntöjen osalta, jotka tulevaisuudessa tulevat varmuudella yleistymään myös Suomessa (Al-Obaidy, 2021). Tietoperusta kokonaisuudessaan muodosti tutkimukseen lähtöasetelman, jonka perusteella aiemmin tutkittua tietoa ja olemassa olevia malleja voitiin hyödyntää ja edelleen kehittää osana tapaustutkimusta työn toimeksiantajan tarpeita vastaaviksi ratkaisuiksi.

5 Vähähiilisessä rakennushankkeessa huomioitavat tekijät

Vähähiilisen rakennushankkeen ja hankkeen laadukkaan toteuttamisen kannalta suositellut menetelmät ja olennaiset tiedot koostuvat useista eri tekijöistä. Tämä luku selvittää keskeisimmät huomioitavat tekijät, joita rakennuttajan tulisi vähintään tiedostaa vähähiiliseen rakentamiseen liittyen ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä. Vähähiilisen rakentamisen käytännöt tuntemalla voidaan osaltaan edesauttaa vähähiilisyteen liittyvien tavoitteiden toteutumista rakennushankkeessa. Luku kokoaa yhteen tietoperustan tutkimusten ja julkaisuiden keskeisimmän sisällön rakennuttajan näkökulmasta tärkeimmistä huomioitavista tekijöistä vähähiilisessä rakennushankkeessa vaiheittain.

5.1 Hankekehitysvaihe

Vähähiilisessä rakentamisessa täytyy kiinnittää erityistä huomiota toteutustapojen sekä materiaalien valintoihin jo hankekehitysvaiheessa. Hankekehitys itsessään on hankkeen vaihe, jossa määritellään valitun alueen kehittämistä sekä kaavoittamista koskevat asiat, joiden perusteella pyritään muodostamaan kokonaiskuva hankkeesta ja edellytykset hankkeen käynnistämiseksi (Pyrhönen 2019, 15). Hankekehitysvaiheessa asetetaan keskeiset reunaehdot toteutukselle perustuen hank-

keelle asetetuille tavoitteille, joita ovat myös vähähiilisyteen liittyvät tavoitteet. Keskeistä vähähiilisen rakennuttamisen osalta on kiinnittää huomiota hankekehitysvaiheessa erityisesti rakennuksen muunneltavuuteen, tilatehokkuuteen, energiaratkaisuihin sekä valittuihin toteutustapoihin sisältyvien pääkomponenttien päästötehokkuuteen.

Päästötehokkuuteen liittyvänä verrattain uutena ilmiönä kansainvälisesti vähähiiliseen rakentamiseen on liitetty termi ”circularity”. Tätä termiä käytetään kuvaamaan hankkeita, joissa rakennuksen materiaalivirtojen mahdollisimman kattava uusiokäyttö on keskeinen hanketta ohjaava lähtökohta. Kyseisissä rakennushankkeissa kiinnitetään erityisesti huomiota rakennuksen ympäristövaikutuksiin suunnitteleamalla rakennus mahdollisimman suurelta osin kierrätetyistä- ja edelleen kierrätettävistä materiaaleista huomioiden samalla myös tuotteiden koko elinkaari kehdestä hautaan periaatteella. Circularity lähestymistapa pyrkii valitsemaan tuotantoon lähtökohtaisesti vain tuotteita, jotka voidaan rakennuksen purkuvaiheen jälkeen hyödyntää materiaalina seuraavissa rakennushankkeissa. Tämä lähestymistapa vaatii rakennusosalta uusia toimintatapoja sekä paljon tiivistä yhteistyötä suunnittelijoiden, tilaajien, urakoitsijoiden sekä tuotevalmistajien osalta, jotta tarvittavat toimintamallit tulevaisuudessa saadaan muodostettua, jotta edellä kuvatut käytännöt voivat alalla yleistyä. Hankekehitysvaiheesta alkaen huomioitu resurssitehokkuus onkin tehokkaimpia keinoja vähentää rakennushankkeen aiheuttamia päästöjä, jonka vuoksi edellä kuvattu rakennusmateriaalien uusiokäyttö myös rakennushankkeen purkuvaihetta pidemmälle suunniteltuna on keskeistä huomioida lyhyen sekä pitkän aikavälin päästökahtymisen vastuullisen rakennuttamisen näkökulmasta. (Al-Obaidy 2021, 13.) Materiaalien valinnassa syvälinen ymmärrys materiaalien ominaisuuksista ja käytöstä osana toteutustapaa on keskeistä ja osaltaan myös mahdollistaa hukan minimointia sekä kiertotalous periaatteen hyödyntämistä rakennuksen lopun elinkaarivaiheissa (Laurila 2021, 11).

Usein hankkeen alkuvaiheissa tehtävissä elinkaarilaskelmissa hyödynnetään päästötietokannoista löytyviä päästöarvoja, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin tässä vaiheessa tiedossa olevia rakennukseen käytettäviä materiaaleja. Tämä toimintatapa on perusteltua silloin, kun hankekehitysvaiheessa on tarpeen toteuttaa korkean tason elinkaarilaskelmia ja verrata tätä kautta rakennettavan kohteen vaihtoehtoja eri toteutustapojen osalta. Tuotetason tarkemmat päästötiedot tulee kuitenkin päivittää laskelman luotettavuuden sekä läpinäkyvyyden vuoksi elinkaarilaskelmaan niin

aikaisessa vaiheessa kuin mahdollista merkittävimpien tuotetason tietojen tarkentuessa. Osa tiedoista tarkentuu suunnitteluvaiheessa ja loput viimeistään rakentamiseen liittyvien hankevaiheiden aikana. (Keskisalo 2020, 77.) Keskeistä vähähiilisen rakennushankkeen hankekehitysvaiheen päätteeksi on tuottaa hankekehitysvaiheessa tehtyjen selvityksien perusteella lähtötiedot hankkeelle, joista ilmenee yksiselitteisesti tavoite rakennuksen vähähiilisyyden osalta esimerkiksi annettu raja-arvo $16 \text{ kg}/\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ sekä arviointimalli, jonka mukaisesti elinkaaren aikaiset päästöt lasketaan ja tulokset lopulta raportoidaan.

5.2 Suunnitteluvaihe

Vähähiilisen rakentamisen varsinaisen suunnitteluvaiheen tärkein tehtävä on tuottaa hankekehityksessä määritellylle hankkeelle toteutustapa. Suunnitteluvaihe usein aloitetaan limittäin hankekehitysvaiheen kanssa, jonka mahdollistavat riittävän tarkat suunnitteluvaiheessa tarvittavat lähtötiedot. (Pyrhönen 2019, 18.) Lähtötietojen riittävyys arvioidaan aina hankekohtaisesti yhdessä pääsuunnittelijan kanssa ennen suunnitteluvaiheen aloitusta. Pääsuunnittelijan tehtävä on osaltaan koordinoita ja konsultoida hankkeen muiden suunnittelualojen edustajia, jotta hankkeen suunnitelmat muodostavat yhdessä toimivan ja toteutuskelpoisen kokonaisuuden. Pääsuunnittelijan valinta on yleisesti suunnittelijoista rakennetai arkkitehtisuunnittelija.

Vähähiilisen hankkeen suunnittelu vaatii erityisosaamista, jossa jokaisen eri osa-alueen suunnittelijan tulisi tuntea vähintään elinkaariajattelun perusteet sekä oman suunnittelualansa suunnitelmaratkaisuihin liittyvät parhaimmat käytännöt ja tuotteet, joilla rakennukselle asetettu vähähiilisyyteen liittyvä raja-arvo voidaan alittaa (Pyrhönen 2019, 18-19). Lisäksi suunnittelijoiden tulee aina huomioida kohdekohtaiset rakennuttajatahon määrittelemät reunaehdot sekä tavoitteet hankkeelle osana suunnitelmien sisältöä. Tyypillisiä rakennuttajatahon asettamia tavoitteita ovat erilaiset laadulliset, toiminnalliset sekä taloudelliset tavoitteet, jotka tulee aina olla selkeästi määriteltynä hankkeelle ennen suunnitteluvaiheen aloitusta. Tämä on keskeistä, jotta toteutetut suunnitelmat tuottavat hankekehitysvaiheessa määritellyt tavoitteet rakennushankkeen valmistuessa.

Suunnitteluvaiheet etenevät yhdessä elinkaarilaskelmien kanssa tarkentuvana prosessina vaiheittain, jossa vähähiilisen rakennushankkeen suunnittelun erityispiirteenä toteutetaan

jokaisen suunnitteluvaiheen päätteeksi suunnitelmien sisältöjen perusteella tarkentuvia elinkaarilaskelmia (Laurila, 2021, 18). Toteutettujen elinkaarilaskelmien tuloksien perusteella ohjataan suunnittelua elinkaaripäästöjen näkökulmasta sekä tehdään tarvittaessa muutoksia suunnitelmien sisältöihin, kunnes hankekehitysvaiheessa asetetut tavoitteet teoriassa täytetään suunnitelmien ollessa viimeisen suunnitteluvaiheen päätteeksi valmiita tuotantoon soveltuvia toteutussuunnitelmia. Tavoitteiden saavuttamista arvioidaan valmiiden suunnitelmien perusteella tehtyjen elinkaarilaskelmien tuloksia analysoimalla.

5.3 Energiankäyttö

Rakentamiseen liittyvistä elinkaaren aikaisista päästöistä suurin osa aiheutuu energian käytöstä eri rakennuksen elinkaarivaiheissa. Nykyhetkessä tilanne on vielä edellä kuvattu, jossa energiankäyttö muodostaa vielä toistaiseksi suurimman päästön. Jatkossa tuotesidonnaisten päästöjen osuus tulee kuitenkin kasvamaan suhteessa energiankäyttöön liittyviin päästöihin rakennusalan energiatehokkuuden kehittyessä. (Häkkinen 2020, 39-40). Lisäksi huomion arvoista on myös tiedostaa, että ilmaston lämpenemisen vuoksi tilanne muuttuu myös lämmitys ja jäähdytysenergioiden kulutuksen välillä, jossa jäähdytysenergian suhteellinen osuus tulee jatkossa kasvamaan ilmiön seurauksena (Laurila 2021, 8). Olennaista vähähiilisessä toteutuksessa on rakennuttajan näkökulmasta tunnistaa merkittävimmät päästöt ja aiheuttavat osatekijät omissa tyypillisimmissä rakennutettavissa kohteissa ja tiedon perusteella kehittää erityisesti näihin osa-alueisiin liittyviä ratkaisuita kiinnittämällä asiaan erityistä huomiota suunnittelunohjauksessa.

Rakennuksen toimintoihin tarvittavan energian lähdettä on syytä myös miettiä tavanomaista rakentamista tarkemmin jo hankekehitysvaiheesta alkaen ennen varsinaista toteutussuunnittelua, koska rakennuksien energiankäyttö on todettu useissa tutkimuksissa yksittäiseksi suurimmaksi rakennuksen elinkaaren aikana päästöjä tuottavaksi osa-alueeksi. Samaan johtopäätökseen päädyttiin myös Suomessa tehdyssä tutkimuksessa, jossa vähähiilisyteen liittyvän tutkimuksen osana selvitettiin erilaisten kunnallisten rakennuksien energiankulutuksen päästöjen osuutta kohteiden kokonaishiilijalanjäljestä. Tutkimuksessa kohteiden hiilijalanjälkeä arvioitiin EU Level(s) arviointimenetelmällä (Keskisalo 2020, 28). Nykyään hyviä vaihtoehtoja esimerkiksi lämmönlähteiksi on useita, mutta on huomioitava myös rakennuskohteen sijainnin määrittämät reunaehdot erilaisille toteutuksille. Esimerkiksi kaikilla kaukolämmön tuottajilla ei ole vielä valmista prosessia, jossa läm-

pöläitoksen tuottama lämpö tuotettaisiin fossiilivapaalla polttoaineella, jonka perusteella mahdollisimman vähähiilistä toteutusta tavoittelevan tulisikin kuvatussa tapauksessa selvittää muita vaihtoehtoisia lämmönlähteitä (Häkkinen 2020, 46). Vaihtoehtoja vähähiiliselle ja energiatehokkaalle toteutukselle on lukuisia esimerkiksi maalämpö tai lämpöpumpputekniikkaan perustuvia toteutuksia tukilämmitysmuodoilla täydennettynä, joiden tarvitsema sähkö on mahdollista hankkia päästöttömänä. Kohdekohtaiseen lämmönlähteeseen liittyvä tarkastelu tulee kuitenkin tehdä aina hankkekohtaisesti osana hankesuunnittelua alan vastuusuunnittelijoiden toimesta, jolloin tulevat myös huomioiduksi mahdolliset sijoituksesta aiheutuvat rajoitukset. Rajoittavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi rakennuskohteen tiivistii rakennettu keskusta-alue tai kohteen alla sijaitseva pohjavesialue. Lisäksi tulee myös huomioida, että lämpöpumpputekniikalla toteutetut ratkaisut vaativat aina sähköä toimiakseen ja tuotteiden kyky tuottaa lämpöä erityisen kylmissä olosuhteissa on tavanomaiseen lämmityskauden käyttötilanteeseen verrattuna heikompi, jolloin tulee kasvat-
taa sähkön osuutta kohonneen lämmitystehontarpeen kattamiseksi. Sähkön käytön osuus on etenkin edellä kuvatuissa käyttötilanteissa usein merkittävä ja tästä syystä tuleekin myös huomioida näiden tapauksien osalta hankkeeseen valitun lämmönlähteen oikean mitoituksen lisäksi lait-
teiden tarvitseman sähköenergian alkuperä sähkön hankinnan yhteydessä ja valita käytettäväksi sähköenergiaksi uusiutuvalla energianlähteellä tuotettu tuote. Tuuli-, vesi- sekä aurinkovoimalla tuotettu sähkö ovat yleisimpiä markkinoilta löytyviä uusiutuvia energianlähteitä. (Häkkinen 2020, 45-46; YM TALO-hankkeen loppuraportti 2019, 36-37.)

5.4 Vähähiilisyiden arviointi

Rakennusten vähähiilisyiden arviointia suoritetaan elinkaariarviointi menetelmään pohjautuvalla tavalla, jota sovelletaan rakennuksen hiilijalanjälkeen. Rakennuksen arvioitavat osa-alueet koostuvat elinkaarivaiheista, jotka on jaettu moduuleihin aakkos ja numerojärjestykseen. Moduulit koostuvat tuotevaiheesta A1-3, rakentamisvaiheen moduuleista A4-A5, käyttövaiheen moduulista (B) sekä elinkaaren lopun moduulista (C), joiden sisällöt on määritelty ympäristövaikutusten arviointia koskevassa eurooppalaisessa standardissa EN15978 (Häkkinen 2020, 71-72).

Muita arvioitavia osa-alueita ovat arviointijakson pituus, jossa määritellään elinkaaren pituus. Arviointijakson pituus tyypillisesti määritetään 50-vuoden ajanjaksolle sekä osana arviointia kuvataan skenaariot eli oletukset, joita täytyy tehdä tulevaan rakennuksen käyttövaiheeseen liittyen määrittäen rakennustuotteille mahdollisimman realistiset totuudenmukaiset uusimisvälit.

Myös käyttöenergian päästökehitys tulee tässä kohtaa arvioitavaksi arviointijakson aikana. Huomion arvoista on, että Suomen ympäristöministeriön kehittämä arviointimalli sisältää jo valmiiksi edellä kuvatut arviot vakioarvoina. Vakioarvoja voidaan hyödyntää elinkaarilaskelmissa, mikäli kyse on tavanomaisesta kohteesta. (Häkkinen 2020, 73.)

Rakennuksen päästölaskennassa on erityisesti pohdittava mikä on vähähiilisyiden arvioinnin tavoite, joka osaltaan määrittää myös kuinka arviointi toteutetaan. Yleisin tarve on lain säädösohjauksesta tullut vaatimus, joka on myös Suomeen tulossa lähivuosina. Tällöin tavoite on täyttää rakentamismääräysten mukainen vähimmäisvaatimus, jota arvioidaan jatkossa YM:n arviointimenetelmän perusteella pyrkien osoittamaan, että rakennuksen hiilijalanjälki ei ylitä rakennustyyppille asetettuja päästörajoja. Tästä syystä YM:n mallin rakenne on määritelty niin, että arviointimallia voidaan hyödyntää jo yleissuunnittelun aikana rakennusluvan hakuprosessin yhteydessä sekä tätä edeltävissä toimenpiteissä (Häkkinen 2020, 74.) Malli soveltuu käytettäväksi myös käyttöönoton yhteydessä, kuten tässä tapaustutkimuksessa on tehty.

Rakennutettavien rakennuksien vähähiilisyiden arvioinnissa rakennusalalla erityispiirteenä on toteutuksissa käytetty suuri määrä erilaisia tuotteita, joista itse rakennus muodostuu (Häkkinen 2020, 60). Käytännön haasteen muodostaa erilaisten materiaalien kirjo, joiden osalta kaikkia kohteeseen asennettavia tuotteita ei löydy laskennassa käytettävistä tietokannoista ja tästä syystä tuotekohtaisten päästöarvojen sijaan on laskennassa käytettävä usein myös tuotetta lähimmäksi vastaavaa kansallisen päästötietokannan arvoa vaihtoehtona. Valinta kansallisen päästötietokannan perusteella ei välttämättä täysin kuvaa todellisuudessa käytetyn tuotteen päästöarvoa. Rakennuttajalla on aina mahdollisuus vaikuttaa hanke- ja suunnittelunohjauksen vaiheessa toteutettavaan sisältöön, jolloin vähähiilisessä toteutuksessa tulisikin kiinnittää erityistä huomiota energiankäyttöön liittyvien päätösten lisäksi myös merkittävimpien päästöjä aiheuttavien rakennusosien materiaali valintoihin ja pyrkiä mahdollisuuksien mukaan löytämään toteutukseen mahdollisimman paljon vähäpäästöisiä käyttötarkoitukseen sopivia EPD-ympäristöluokituksen omaavia tuotteita, joiden osalta on kartoitettu kaikki tuotteen valmistukseen vaikuttavat yksikköprosessit (Häkkinen 2020, 63). Tämä vaikuttaa osaltaan laskelmien luotettavuuteen, kun rakennusten elinkaarilaskentojen tulos muodostuu käytännössä kertomalla tuotteiden sekä rakennuksen prosessien päästöarvot niiden kokonaismäärillä.

Rakennukseen liittyvät päästöt voidaan jakaa rakentamisaikana rakennustuotteisiin sitoutuneisiin päästöihin sekä rakennuksen energiankulutuksesta lähtöisin oleviin päästöihin, joihin alan ammattijulkaisuissa viitataan termeillä käyttö- ja tuotesidonnaiset päästöt (Häkkinen 2020, 40). Tapaustutkimuksessa tuloksia käsitellään YM:n vuoden -21 arviointimenetelmän mukaisesti, joka koostaa tulokset elinkaarivaiheittain. Lisäksi S-ryhmän tarpeisiin perustuen tulokset raportoitiin myös tapaustutkimuksen aikana laaditulle tulosraporttipohjalle, joka sisältää elinkaarivaiheiden lisäksi myös merkittävimpien rakennusosien sekä rakennuosiin sitoutuneiden tuotteiden päästötiedot, joiden perusteella muodostui kohteen kokonaishiilijalanjälki sekä myös vertailulaskelma, jossa B6 elinkaarivaihe on huomioitu laskemalla tulos päästöttömään sähkön käyttöön perustuen.

Rakennuskohteen kokonaishiilijalanjäljen arvo jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla tuottaa neliö perusteisen päästöarvon, jonka perusteella tapaustutkimuksen kohdetta on mahdollista verrata muihin samalla arviointimenetelmällä arvioituihin kohteisiin, joilla on sama käyttötarkoitus. Päästöjen vertailukelpoisuuteen vaikuttavat käytetty arviointimenetelmä, laskentatyökalu sekä arviointimenetelmässä tehdyt mahdolliset valinnat esimerkkinä päästöjen tarkastelujakso, joka voi arviointimallista riippuen olla esimerkiksi 50, 60 tai 100-vuotta (Keskisalo, 2020, 20.)

6 Tapaustutkimuksen aikana suoritettut hiilijalanjälkilaskelmat

Tapaustutkimuksen aikana suoritettiin hiilijalanjälkilaskelmia kolmessa eri vaiheessa tapaustutkimusta. Hiilijalanjälkilaskelmat toteutettiin kahden ammatikseen elinkaarilaskentapalveluita tarjoavan yrityksen toimesta. Palveluntuottajat valittiin osallisiksi tapaustutkimukseen heidän tutkittavaa aihepiiriä koskevan ammatillisen tietämyksen sekä työssä tarvittavien hiilijalanjälkilaskelmien suorittamiseksi (Vilkkä 2015, 135). Hiilijalanjälkilaskelmat tapaustutkimuksen kohteena olevasta vähittäiskauppa rakennuksesta valittiin tapaustutkimuksessa yhdeksi tutkittavaksi osa-alueeksi. Laskelmat nähtiin olennaisena osana tapaustutkimusta, jolla tutkittavaa ilmiötä voidaan lähestyä käytännönläheisesti ja samalla tunnistaa sekä muodostaa tarkempi käsitys laskelmista tehtyjen havaintojen perusteella siitä, mikä olisi juuri kaupparyhmän tavoitteiden kannalta olennaista hiilijalanjälkilaskelmissa ja laskelmien raportoinnissa jatkossa.

Tapaustutkimukseen laskentakohteeksi valittiin uudisrakennushankkeena vuonna 2020 käyttötarkoitukseltaan päivittäistavarakaupaksi rakennettu kiinteistö. Rakennuskohde sijaitsee pääkaupunkiseudulla ja on rakennuspaikan pinta-alaltaan 7043 m². Kohteen lämmitetty bruttopinta-ala on 2515 m² ja kohteen maanpäällisiä kerroksia rakennettiin yhteensä 2-kpl. Edellä kuvattujen rakennuksen perustietojen lisäksi laskentaa suorittavilla tahoilla oli käytössään toteutusta varten perustettuun projektipankkiin käyttöoikeudet, joilla laskijat pääsivät käsiksi rakennushankkeen päättyessä laadittuihin sähköisessä muodossa projektipankkiin talletettuihin loppukuvuihin. Loppukuvilla tarkoitetaan tässä yhteydessä toteutusta varten tuotetuista suunnitelmista toteutuksen aikana mahdollisten muutosten osalta päivitettyjä suunnitelmia. Loppukuvat huomioivat täten viimeisenä dokumenttina rakennushankkeen valmistuessa kaikki rakennusaikaiset muutokset ja täten loppukuvista ilmenee myös rakennushankkeen lopullinen laajuus ja toteutustapa. Sähköinen projektipankki itsessään on hankkeen toteutusta ja tulevia rakentamiseen ja rakennukseen liittyviä tietotarpeita varten perustettu sähköinen tietopankki, jonka käyttäjiä ovat rakennushankkeeseen osallistuvat eri osapuolet. Edellä kuvattuja tiedonhallintajärjestelmiä on luotu internetissä toimiville palvelimille osapuolten tiedonkulkua ja dokumentointia tehostamaan. Rakennushankkeessa projektipankkiin tietoa tuottavat työn tilaajan lisäksi hankkeeseen osallistuvat suunnittelijat sekä toteutusvaiheessa myös valvojat sekä urakoitsijat. Urakoitsijan vastuulla on tuottaa niin sanottu punakynäsarja vastuusuunnittelijalle, joka lopulta piirtää puhtaaksi loppukuvat kohteesta. Tapaustutkimuksen aikana suoritettujen hiilijalanjälkilaskelmien määräsivallot kerättiin laskijoiden toimesta edellä kuvatusta projektipankista, johon tarvittava tietosisältö oli talletettu hankkeen eri osapuolten toimesta sähköisessä tiedostomuodossa (IFC-, PDF) koostuen eri alojen suunnitelma-aineistoista sekä energiatodistuksesta.

Tapaustutkimuksen hiilijalanjälkilaskelmista ensimmäiset laskelmat suoritettiin ympäristöministeriön voimassa olevalla arviointimenetelmällä 2019 (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2019). Seuraavissa laskelmissa käyttöön otettiin tapaustutkimuksen aikana määritelty käytäntö, jonka mukaisesti tutkimuksen jälkimmäiset hiilijalanjälkilaskelmat suoritettiin ympäristöministeriön vielä luonnosvaiheessa lausuntokierroksella olevalla arviointimenetelmällä 2021 luvussa 2.2 opinnäytetyön rajaukset esitetystä perustellusta syystä (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Tutkimuksen laskelmissa valittiin käytettäväksi laskentaohjelmisto OneClickLCA, joka on kaupallinen rakennusalan käyttöön suunniteltu sekä laajasti käytössä oleva laskentaohjelmisto (Häkkinen 2020, 58). Laskentaohjelmiston valintaan vaikuttivat myös suora yhteensopivuus ympäristöministeriön arviointimalleihin.

6.1 Hiilijalanjätkilaskenta 1

Laskelmista ensimmäinen suoritettiin toimeksiantona laskea kohteen hiilijalanjälki ympäristöministeriön 2019 arviointimenetelmällä (YM rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2019). Laskelmissa huomioitiin lisäksi erillisenä vertailulaskelmana osio B6 elinkaarivaihe YM:n ohjeesta poiketen erillisellä ohjeistuksella, jossa määriteltiin laskennan lähtötiedoksi kaupparyhmässä käytetty päästötön sähkö. Tarkoituksena selvittää vertailulaskelman avulla, miten YM:n mallin määrittämä päästökerroin sähkön osalta vaikuttaa kyseisen kohteen tulokseen verrattuna todelliseen tilanteeseen, jossa sähkö huomioidaan sen alkuperän mukaisesti päästöttömänä. Ensimmäisessä laskelmassa materiaalien lähteinä käytettiin yksittäisille rakennusmateriaaleille saatavuuden mukaisesti tuotekohtaisia EN15804 standardin mukaisia ympäristöselosteita (EPD) sekä ecoinvent-, GaBi- ja kansallisen päästötietokannan päästötietoja tuotteille, joille ei löytynyt EPD-ympäristöselosteita. Laskentamäärien lähteenä käytettiin pääasiallisesti hankkeen arkkitehtien sekä rakennesuunnittelijoiden tietomalleja. Tarvittavia lisätietoja kerättiin pdf-muodossa projekti-pankkiin talletetuista eri suunnittelualojen suunnitelmista sekä suunnitelmiin liittyvistä selosteista. Laskelmasta rajattiin pois rakennuksessa tapahtuvan kaupallisen toiminnan aiheuttama hiilijalanjälki. Laskelman energiankäyttö laskettiin sähkö- ja kaukolämpöpäästökerrointen osalta YM ohjeistuksen mukaisella hyödynjakomenetelmällä, joka perustuu arvioon energiamuotojen tuotannon päästökehityksestä seuraavan 50-vuoden aikana lukuun ottamatta kahta viimeistä laskelmaa, joissa hyödynnettiin vertailulaskelman osalta todellisia päästökehitysarvoja myös kaukolämmön osalta (YM rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021 luonnos, 29). Energiankulutustietoina laskelmassa hyödynnettiin energiatodistuksessa ilmoitettuja kulutuslukemia sähkön- sekä kaukolämmön osalta. Laskennassa käytettiin YM:n laskentaohjeen mukaisesti arviointijaksone 50-vuotta. Tulokset rakennuksen hiilijalanjäljen osalta ilmoitettiin hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e) sekä kokonaiskilotonneina, että kiloina neliometriä kohden vuodessa. Tulos neliometriä kohden vuodessa vertailuyksikön jakajana kokonaispäästöille käytettiin rakennuksen lämmitettyä nettoalaa, jonka perusteella ohjelmisto suorittaa automaattisesti laskennan ja raportoi tulokset. (Häkkinen 2020, 73.)

6.2 Hiilijalanjälkilaskenta 2

Toinen laskelma ohjeistettiin tehtäväksi samasta kohteesta, mutta ensimmäisen laskelman ympäristöministeriön arviointimalli 2019 (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2019) korvattiin ympäristöministeriön luonnoksena julkaisemalla 2021 arviointimenetelmällä (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Lisäksi toista laskentaa varten oli määritelty ensimmäisen laskelman perusteella S-ryhmän tarpeisiin paremmin soveltuva raportointipohja, joka laadittiin osana tapaustutkimusta tutkijan toimesta pohjautuen tutkimusryhmän yhteiseen näkemykseen tulosraportilla esitettävistä asioista. Tulosraportointipohjassa (LIITE 4) tulokset esitetään taulukkomuodossa sisältäen tiedot kokonaispäästöjen-, elinkaarivaiheiden-, rakennusosien sekä rakennusosiin sisältyvien tuotteiden osalta määrämuotoisesti. Toista laskelmaa varten toimitettiin myös laskentaohjeistus palveluntuottajille, jossa ohjeistettiin tarkemmin laskennan aikana tehtäviä valintoja, jotta laskentatulokset osoittaisivat mahdollisimman luotettavasti mille tarkkuustasolle tapaustutkimuksessa käytössä olevalla määrätiedon lähteenä käytettävällä suunnitteluaineistolla on mahdollista päästä kahden eri laskentaa suorittavan tahon välillä, jotka suorittavat laskelman samasta kohteesta. Tässä yhteydessä myös tunnistettiin, että kyseiset valinnat lisäävät laskentatuloksien epätarkkuutta kokonaistuloksien ja todellisen päästön välillä. Tämä ei ollut kuitenkaan olennaista tutkittavan ilmiön kannalta tässä vaiheessa tutkimusta, jossa haluttiin selvittää laskentaa suorittavien tahojen välillä tuloksien yhteneväisyyttä annetuilla ohjeilla samaa kohdetta laskelmalla.

6.3 Hiilijalanjälkilaskenta 3

Kolmas laskelma oli tapaustutkimuksessa viimeinen toteutettu laskelma, joka suoritettiin samoilla ohjeilla kuin toinen laskelma, mutta tarkennuksena kolmanteen laskelmaan päivitettiin tulosraporttiin (LIITE 4) B6 energiankäytön osalle oma välilehti kaupparyhmän omaa vertailulaskelmaa ja sen tuloksien tuottamista varten, johon huomioitiin myös mahdollisuus syöttää paikallinen päästökerroin kaukolämmön tuloksien osalta ja tätä kautta tuottaa tarkempi B6 elinkaarivaiheen tulos todellisen päästökertoimen avulla. Mikäli paikallista päästökerrointa ei voida käyttää sen puuttuessa on välilehdellä myös mahdollisuus valita ei käytössä vaihtoehto, jolloin taulukko käyttää päästölaskennassa ympäristöministeriön laatimaa arvioita päästökehityksestä elinkaaren aikana. Mikäli laskija valitsee lämmönlähteeksi sähkön- tai muun lämmönlähteen, muodostaa laskuri päästöksi arvon nolla. Tämä tulos perustuu muiden uudisrakennushankkeissa käytettävien lämmönlähteiden

käyttämään energiaan, joka on päästöttömänä tuotettua sähköä. Elinkaarivaihe B6 vertailulaskelman osalta määriteltiin myös energiankulutus annetuilla rakennuskohteittain taulukoiduilla käytännön mittaustiedoista johdetuilla kiinteistötyyppikohtaisilla kulutuslukemilla, jotka poikkeavat energiatodistuksen arvioidusta energian vuosikulutuksesta sähkön ja lämmön osalta. Lisäksi laskentaohjeeseen tarkennettiin laskentaohjeistukseen kansallisen päästötietokannan tuotevalintojen osalta valittavaksi lähimmäksi vastaavan tuotteen vähäpäästöisin vaihtoehto. Tämä tarkennus tehtiin vähentämään kahden laskentatoimijan välisten laskelmien aikana tehtävien valintojen määrää ja täten tuottamaan yhteisestä saman kohteen sisällöstä ohjeistuksen mukaisesti laskien yhteiset tulokset.

7 Tutkimustulokset

Tapaustutkimuksen tulokset on esitetty tässä luvussa jaettuna tutkimuksen kohteen elinkaarilaskelman tuottamiin tuloksiin (LIITE 1) sekä tapaustutkimuksen laadullisilla tiedonkeruumenetelmillä kerättyjen tutkimusaineistojen tuloksiin, joita ovat tapaustutkimuksen tuottamat ohjeistukset (LIITE 2) elinkaariarviointia suorittaville laskijoille ja tietotarve määritykset hankkeille (LIITE 3) sekä tulosraportointipohja (LIITE 4) ja kyseisiin aineistoihin liittyvät tapaustutkimuksen aikana tehdyt sisältömääritykset perusteluineen. Tuloksien esittämisen yhteydessä on tehty myös tulkinta tuloksista sekä lopuksi viimeisessä luvussa on arvioitu tuloksien luotettavuutta.

7.1 Tapaustutkimuksen kohteena olevan rakennuksen hiilijalanjälki

Tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen hiilijalanjälkeä laskettiin kahden eri palveluntuottajan toimesta suorittamalla laskennat luvussa kuusi esitetyillä lähtötiedoilla. Kahden ensimmäisen laskentakierroksen tuloksista muodostettiin sisältö laskentaohjeessa sekä tulosraportointi pohjassa (LIITE 4) esitettyjen sisältöjen osalta yhteistyössä palveluntuottajien kanssa. Laskentaohjeet (LIITE 2) tarkennettiin toisen laskelman havaintojen perusteella ja tarkennuksien jälkeen suoritettiin vielä kolmas laskelma samasta kohteesta palveluntuottajien toimesta vaihtamalla laskennan suorittavat asiantuntijat. Uudet henkilöt valittiin laskemaan kohdetta päivitettyillä ohjeilla, jotta tapaustutkimus tuottaisi ohjeiden osalta mahdollisimman luotettavan ja todenmukaisen kuvan ohjeiden tuottamien tuloksien luotettavuudesta todellisesta tilanteesta, jossa laskija ensi kertaa tutustuu ohjeeseen ja suorittaa laskelman toimeksiantona ohjeisiin perustuen oikeasta reaali maailman kohteesta. Tässä luvussa esitetyt tulokset esittävät laskelman numero kolme tulokset sekä

laskennan jälkeen tehdyn selvityksen perusteella havaitut juurisyyt kahden toimijan välillä havaittujen laskentatulosten erojen osalta.

Elinkaarivaiheiden tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 2). Taulukon tuloksista ilmenee, että tulokset ovat yhtenevät ilman merkittäviä eroja kaikkien YM:n elinkaariarviointi mallin määrittelemien elinkaarivaiheiden osalta lukuun ottamatta poikkeuksia, joita havaittiin kahden elinkaarivaiheen osalta. Ensimmäinen poikkeama havaittiin A1-A3 elinkaarivaiheen tuloksissa. Tämä elinkaarivaihe sijoittuu ajallisesti rakennuksen elinkaarivaiheen aikaan ennen rakennuksen käyttöä, joka kuvaa rakennustuotteiden valmistusvaiheessa syntyviä päästöjä. Toinen selkeä poikkeama havaittiin rakennuksen käyttövaiheen elinkaarivaihe B4 rakennusosien vaihto elinkaarivaiheen osalta. (YM rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021 luonnos.)

Tuloksien erojen juurisyytä selvittäessä kävi ilmi, että toinen laskentaa suorittaneista toimijoista oli omaehtoisesti huomionnut annettua ohjeistusta tarkemmin rakennesuunnitelmien perusteella tekemänsä arvion mukaisesti rakenneosissa käytettävien raudoitusten määrää. Tämä tarkempi ohjeistuksesta poikkeava arviointi muodosti raudoituksen määrän kasvaessa suuremman tuloksen, joka selitti pääosin laskentatuloksissa ilmenevät erot. Lisääntynyt raudan määrä kasvatti tulosta A1-A3 tuotevaiheen osalta ennen rakennuksen käyttöä, joka vaikutti osaltaan myös rakennuksen käytönajan elinkaarivaihe B4 tulokseen kasvattamalla rakennusosien vaihdosta aiheutuvaa hiilijalanjälkeä. Muita tuloksien eroihin johtaneita syitä todettiin lisäksi yhteisen tuloksien tarkastelun sekä aiempien tuloksien havaintojen perusteella muodostuvan myös ohjeistetusta laskentamallista, joka pohjautuu ARK- ja RAK-suunnitelmiin, joita ei ole lähtökohtaisesti suunniteltu määrälaskentaan. Tästä syystä määrälaskenta tarkkuudella tuotettujen lähtötietojen puute yhdistettynä laskentaprosessiin, jossa laskijoiden tulee valita oman tulkintansa perusteella suunniteltua tuotetta lähimmäksi vastaava tuote päästötietokannasta aiheuttaa väistämättä epätarkkuutta tuloksissa. Valintojen vaikutus sekä määräsivältöjen eroavuus ilmenee hyvin kahden eri toimijan laskentatuloksia verratessa saman kohteen laskentatuloksia samoilla laskennan lähtötiedoilla. Tilanne tulee jatkossa rakennustuotteiden osalta korjaantumaan EPD-ympäristöselosteiden yleistyessä. Hankkeiden suunnittelunohjauksen kautta on myös mahdollista tuottaa tarvittaessa jatkossa tarkempia määrälaskentaan soveltuvia suunnitelmia, jolloin laskennassa käytettävät määräsivällöt ovat suunnitelmien valmistuessa yksiselitteisiä ja täten tuottavat määräsivällön osalta myös yhtenevät laskentatulokset.

Tuloksien osalta nähdään, että merkittävimmät päästöt syntyivät tapaustutkimuksen kohteena olevan rakennuksen osalta elinkaarivaiheissa (A1-A3) ennen rakennuksen käyttöä rakennustuotteisiin sitoutuvista päästöistä sekä (B6) energian käytön osalta, joka merkitsee päästövaikutuksia osatoenergian valmistuksen osalta. Tässä yhteydessä tulee selkeästi esiin S-ryhmän vertailulaskelmana toteutetun (B6) osion tuloksen ero verrattuna YM:n arviointimalliin, joka ei mahdollista päästöttömän energianlähteen (sähkö) huomioimista tässä osiossa. Tämä näyttäytyy tuloksien osalta yli kolminkertaisena päästövaikutuksena verrattuna oman laskentamallin tuottamaan tulokseen, jossa sähkön alkuperä on huomioitu uusiutuvalla energialle tuotettuna. Tästä syystä tulosraportointiin myös haluttiin tehdä tämän elinkaarivaiheen osalta vertailulaskelma, jotta voidaan tuoda YM:n arviointimallin rinnalle erilliset omat tulokset, jotka huomioivat päästöttömän energiankäytön. Vertailun kautta muodostuu parempi käsitys tuloksien perusteella todellisista vähähiiliseen rakentamiseen liittyvistä kehitettävistä osa-alueista. Pelkkien arviointimallin tuloksien perusteella voi muodostua virheellinen käsitys, että S-ryhmän energiankäyttö olisi uusien kohteiden osalta heikolla tasolla, vaikka todellisuudessa hankkeiden toteutuksissa kiinnitetään erityistä huomiota energiatehokkuuteen sekä energiankierrätykseen hyödyntämällä kohteittain käytettävissä olevaa kohteiden oman toiminnan tuottamaa ylijäämää energiaa rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystarpeissa sekä valitsemalla toteutukseen vähäpäästöisiä lämmönlähteitä, joiden energia on tuotettu uusiutuvilla luonnonvaroilla. (YM rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021 luonnos.)

2. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET ELINKAARIVAIHEITTAIN								
PALVELUNTUOTTAJA (A)				Erotus	PALVELUNTUOTTAJA (B)			
Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrätiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	-	Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrätiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi
A1-A3	Valmistus	IFC-malli	6,96	0,67	A1-A3	Valmistus	IFC-malli	7,63
A4	Kuljetus työmaalle	SYKE taulukkoarvo	0,25	-0,04	A4	Kuljetus työmaalle	SYKE taulukkoarvo	0,21
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	IFC-malli	0,17	0,02	A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	IFC-malli	0,19
A5	Uudisrakennustyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo	1,63	0,00	A5	Uudisrakennustyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo	1,63
B1	Karbonisaatio	IFC-malli		0,00	B1	Karbonisaatio	IFC-malli	
B2	Ei käytössä			0	B2	Ei käytössä		
B3-B4	Ei käytössä			0	B3-B4	Ei käytössä		
B4	Rakennusosien vaihto	SYKE taulukkoarvo	1	1,10	B4	Rakennusosien vaihto	SYKE taulukkoarvo	2,1
B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD		0,00	B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD	
B5	Ei käytössä			0	B5	Ei käytössä		
B6	Energian käyttö (YM)	E-todistus	8,51	0,00	B6	Energian käyttö (YM)	E-todistus	8,51
B6	Energian käyttö (S-laskentamalli)	S-malli	2,68	0,00	B6	Energian käyttö (S-laskentamalli)	S-malli	2,68
C1	Purkutyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo		0,00	C1	Purkutyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo	
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn	SYKE taulukkoarvo	0,2	-0,01	C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn	SYKE taulukkoarvo	0,19
C3-4	Päästövaikutukset käytön jälkeen ja loppusijoitus	SYKE taulukkoarvo	0,18	0,00	C3-4	Päästövaikutukset käytön jälkeen ja loppusijoitus	SYKE taulukkoarvo	0,18

Taulukko 2. Elinkaarivaiheiden laskentatulokset.

7.1.1 Rakennusosat

Tulosraportin rakennusosien osuudessa seuraavalla sivulla esitetystä taulukosta (TAULUKKO 3) havaittiin eroja palveluntuottajien laskentatuloksien osalta. Tuloksista kuitenkin myös ilmeni, että merkittävimmät päästöjä aiheuttavat rakennusosat laskentaa suorittaneiden tahojen osalta olivat laskelmien tuloksissa toisiaan vastaavat. Rakennusosista selkeästi suurimman päästön kohteen osalta aiheuttivat alapohjarakenteet, jotka olivat molempien tuloksissa kirjattuina listan ensimmäiseksi suurimman päästövaikutuksen aiheuttavaksi rakennusosaksi.

Toiseksi suurimpana päästöjä aiheuttavana rakennusosana molempien laskentaa suorittaneiden osapuolten tuloksissa esitettiin rakennuksen runkoon liittyvät yläpohjarakenteet. Kahden ensimmäisen rakennusosan jälkeen ilmoitetut tulokset olivat merkittävydeltään pienempiä ja tuloksiltaan pääosin hyvin lähellä toisiaan, jonka vuoksi pienet erot muuttivat laskelmien välistä rakennusosien järjestystä näiden vaikutukseltaan pienempien rakennusosien osalta laskelmia toisiinsa verrattaessa. Tästä syystä tulokset eivät noudattaneet samaa järjestystä osapuolten välillä enää kahden ensimmäisen tuotteen jälkeen. Tämä johtuu myös osittain samasta syystä, kuin elinkaari- vaiheiden tuotevaiheen päästöjen erot, joita käsiteltiin luvussa 7.1.

Laskentaprosessi, jossa laskentaan liittyvä määrällinen sisältö kerätään manuaalisesti sähköisistä suunnitelmista ja syötetään laskentaohjelmistoon, jossa laskija edelleen valitsee tuotteen perusteella käytettävän päästöarvon, joka on aina ensisijaisesti (EPD) tuotekohtainen päästöarvo, mutta joka usein tiedon puuttuessa joudutaan korvaamaan kansallisesta päästötietokannasta valittavalla lähimmäksi suunnitelman tuotetta vastaavalla tuotteella aiheuttaa lukuisten valintojen mahdollisuuden vuoksi epätarkkuutta laskelmia toisiinsa verrattaessa. Myös tässä tapauksessa laskelmien sisältöjä tutkiessa osoittautui, että kyseessä oli erilaisista tulkinnoista tuotevalintoja tehdessä aiheuttavia eroja tuloksissa.

3. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSITTAIN										
(Laskennan sisällön osalta merkittävimmät sekä jäljelle jäävien rakennusosien päästövaikutusten summa. Rakenne ja rakennusosat Talo-2000 termistön mukaisesti)										
PALVELUNTUOTTAJA (A)					PALVELUNTUOTTAJA (B)					
Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /	Erotus	Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi
1	Alapohjat	1221 Alapohjalaatat	IFC-malli	1,88	0,08	1	1220 Alapohjat		IFC-malli	1,80
2	Runko	1237 Yläpohjat	IFC-malli	1,47	0,13	2	1236 Runko: Yläpohjat		IFC-malli	1,34
3	Runko	1233 Pilarit	IFC-malli	0,84	-0,16	3	Ei määritelty		IFC-malli	1,00
4	Julkisivut	1241 Ulkoseinät	IFC-malli	0,79	0,01	4	1241 Julkisivut: Ulkoseinät		IFC-malli	0,78
5	Luokittelemattomat rakenteet	1354 Talotekniikan elementit	IFC-malli	0,62	-0,10	5	1350. Tilaelementit		IFC-malli	0,72
6	Julkisivut	1242 Ikkunat	IFC-malli	0,47	0,07	6	1235 Runko: Väli­pohjat		IFC-malli	0,40
7	Runko	1234 Palkit	IFC-malli	0,45	0,08	7	1242 Julkisivut: Ikkunat		IFC-malli	0,37
8	Runko	1235 Väli­pohjat	IFC-malli	0,35	0,06	8	2110. Lämmitys­järjestelmät		IFC-malli	0,29
9	Väliseinät	1311 Väliseinät	IFC-malli	0,32	0,03	9	1234 Runko: Palkit		IFC-malli	0,29
10	Rakennusten perustukset ja vedenpoist	1211 Anturat	IFC-malli	0,14	-0,12	10	1211 Perustukset: Anturat		IFC-malli	0,26
11	Runko	1236 Runkoportaat	IFC-malli	0,13	-0,09	11	1233 Runko: Pilarit		IFC-malli	0,22
12	Rakennusten perustukset ja vedenpoist	1212 Perusmuurit, -pila	IFC-malli	0,12	-0,09	12	1121 Tuennat ja vahv.: Paalut		IFC-malli	0,21
13	Väliseinät	1315 Väli­ovet	IFC-malli	0,02	-0,15	13	1212 Perustukset: Muurit/pilarit/palkit		IFC-malli	0,17
14	Julkisivut	1243 Ulko-ovet	IFC-malli	0,02	-0,14	14	1232 Runko: Kantavat seinät		IFC-malli	0,16
15	Luokittelemattomat rakenteet	Muu rakennusosa	IFC-malli	1,64	1,54	15	1231 Runko: Väestönsuojat		IFC-malli	0,1
16					-0,10	16	1110 Maatyöt		IFC-malli	0,087
17					-0,10	17	1311 Väliseinät: Väliseinät		IFC-malli	0,087
18					-0,02	18	1316 Väliseinät: Erityisovet		IFC-malli	0,02
19					-0,01	19	1315 Väliseinät: Väli­ovet		IFC-malli	0,01
20					-0,01	20	1243 Julkisivut: Ulko-ovet		IFC-malli	0,006

Taulukko 3. Rakennuksen merkittävimmät päästövaikutukset aiheuttavat rakennusosat.

7.1.2 Rakennusosien tuotteet

Rakennusosien tuotteet taulukossa neljä (TAULUKKO 4.) esittävät edellisessä kohdassa esitettyjen rakennusosien sisältämät tuotteet, joista rakennusosat muodostuvat. Rakennusosien tuotteita verrattaessa havaitaan, että kaksi merkittävimmät päästöt aiheuttavaa rakennusosaa sekä niiden suurimmat päästöjä aiheuttavat tuotteet ovat materiaaleiltaan samat, mutta tuotteisiin sitoutuneet päästöt eivät vastaa toisiaan. Jälleen havaittiin, että erot tuloksissa syntyvät laskijoiden tekemistä valinnoista laskentaohjelmistossa. Laskijoiden tulkinnot lähimmäksi vastaavista tuotteista, eivät tässä tapauksessa vastanneet toisiaan. Laskentaa suorittavien tahojen lukuisat valinnat suuresta tuotemäärästä laskentaa tehdessä on yleinen tunnistettu haaste elinkaarilaskelmissa, joissa ei ole kaikille tuotteille käytettävissä yksiselitteistä päästöarvoa (EPD). Ohjelmiston suuri tuotelukumäärä ja tuotteiden erilaiset päästöarvot aiheuttivat osaltaan valintojen kohdistuessa eri tuotteisiin eroja laskentatuloksien välillä.

4. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSIEN (3) VALMISTUKSEEN KÄYTETTYJEN TUOTTEIDEN (ONECLICK RESURSSIEN) OSALTA											
PALVELUNTUOTTAJA (A)					Erotus	PALVELUNTUOTTAJA (B)					
Rakennusosa 1	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)		Rakennusosa 1	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1	Ontelolaattaelementti	265	0,94	EPD	0,10	Resurssi 1	Ontelolaatta, 265 mm, 350 kg/m ²		1,02	SYKE	AP
Resurssi 2	Betoni (pintalaatta)	100	0,63	SYKE		Resurssi 2	betoni, C30/37, XF1, 2297 kg/m ³		0,6	SYKE	
Resurssi 3	EPS-eriste		0,22	SYKE		Resurssi 3	EPS insulation panels,		0,12	EPD	
Resurssi 4	sora		0,1	SYKE		Resurssi 4					
Resurssi 5	suodatinkangas		0,01			Resurssi 5					
Resurssi 6						Resurssi 6					
Resurssi 7						Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X			Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X		0,06		
PALVELUNTUOTTAJA (A)					Erotus	PALVELUNTUOTTAJA (B)					
Rakennusosa 2	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)		Rakennusosa 2	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1	Ontelolaatta	200	0,81	EPD	0,11	Resurssi 1	Ontelolaatta	200	0,66		YP
Resurssi 2	EPS-eriste	330	0,28	SYKE		Resurssi 2	EPS-eriste,	330	0,27		
Resurssi 3	Bitumi		0,16	SYKE		Resurssi 3					
Resurssi 4	Leca-sora		0,1	EPD		Resurssi 4					
Resurssi 5	Kattotuolit		0,03	EPD		Resurssi 5					
Resurssi 6	rakennuslevyt		0,03			Resurssi 6					
Resurssi 7	teräsosat		0,02			Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X	0,02		Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X		0,41		

Taulukko 4. Rakennusosien valmistukseen käytetyt tuotteet

Tuloksien osalta sisältöjä tarkasteltaessa havaitaan, että alapohjarakenteen ontelolaattaelementit aiheuttivat tapaustutkimuksen kohteen osalta suurimman päästövaikutuksen kaikkien rakennusosien sisältämien tuotteiden osalta. Lisäksi saman alapohjarakenteen muina tuoteosina betoni pintalaatta sekä eriste kaikki yhdessä muodostivat isoimman rakennusosa kohtaisen päästön. Toiseksi laskelmassa sijoittunut yläpohjarakenne sisälsi vastaavat tuoteosat ja lisäksi päästöintensiivisen bitumi tuotteen. Tässä yhteydessä havaittiin, että vertailuyksikkö Co₂e/m²/a on käyttökelpoinen vertailussa käytettävä vertailuyksikkö osoittamaan kaikkein merkittävimmät päästöjä aiheuttavat rakennusosat, koska yksikkö suhteuttaa tuotteiden määrän perusteella muodostetun kokonaispäästön jakamalla tuotteen kokonaispäästön lämmitettävillä neliöllä, jolloin massamäärien kautta merkittävät päästöt aiheuttavat rakennusmateriaalit saadaan eroteltua esimerkiksi korkeapäästöisistä tuotteista, joita käytetään toteutuksessa vähäisiä määriä. Näin tuloksia raportoiden voidaan keskittyä ratkomaan ensi vaiheessa kaikkein merkittävimpien päästöjä aiheuttavien rakennusosien sekä kyseisiin rakennusosiin sitoutuvien tuotteiden osalta vähäpäästöisempiä vaihtoehtoja, joilla on suuri vaikutus rakennutettavan kohteen kokonaispäästöihin.

Tuotetason tuloksia tarkasteltaessa havaittiin lisäksi, että suurimmat päästöt aiheuttavat rakennusosat sisälsivät säännönmukaisesti runsaasti betonia sekä osa vielä lisäksi betonin sisällä terästä. Teräs ja betoni ovat hyvin yleisiä ja paljon käytettyjä tuotteita rakennusalalla, jotka muodostivat

rakennustuotteiden osalta myös tapaustutkimuksessa tutkittavan kohde rakennuksen osalta suurimman päästövaikutuksen tuotetasolla asiaa tarkasteltaessa. Tästä syystä teräkselle ja betonille tulisikin pyrkiä löytämään aina mahdollisuuksien mukaan korvaava tuote vähähiilisen rakentamisen näkökulmasta. Esimerkiksi teräsrakenteen korvaaminen puumateriaalista valmistetulla tuotteella on todettu alentavan huomattavasti kohteen päästöjä. Puu on erinomainen tuote kierrätettävyyden kannalta myös materiaali ja käyttövaiheen lisäksi huomioiden rakennuksen purkuvaihe. Esimerkkejä tapauksista, joissa puun vaikutusta teräsrakenteiden korvaajana on tutkittu lukuisia. Tapaustutkimuksen tietoperustaan sisältyvä kansainvälinen tapaustutkimus esittää tutkimustuloksissaan, että puu teräksen korvaavana tuotteena on uusiokäytön sekä kierrätettävyyden kannalta tarkasteltuna moninkertaisesti terästä elinkaariarvioinnin perusteella vähäpäästöisempi tuote. Tutkimustuloksissa esitetään, että puu on jopa viisi kertaa terästä vähäpäästöisempi valmistusvaiheen A1-A3 osalta. (Al-Obaidy 2021, 12.)

7.1.3 Kokonaispäästöt

Rakennushankkeen kokonaispäästöt on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 5), josta ilmenee, että laskentaa suorittaneiden kahden tahon välillä eroa muodostui edellisessä luvuissa tarkemmin kuvatuista syistä kokonaistulokseen lopulta 1,4 kg CO₂e/m² vuodessa ympäristöministeriön uusimmalla arviointimallilla elinkaariarviointi toteutettuna (Ympäristöministeriö 2. , 2021). Kokonaistuloksien tulkintaa varten laskentaohjelmistosta ei löytynyt käyttötarkoitukseltaan vastaavan sekarakenteisen rakennuksen osalta vertailukohdetta, johon tuloksia voitaisiin suoraan verrata. Tästä syystä vertailukohdaksi valittiin ympäristöministeriön Talo-hankkeen loppuraportissa esitetty ensi vaiheessa käyttöönotettavaksi ehdotettu määräystason raja-arvo 15 kg CO₂e/m² vuodessa, joka perustuu laskennalliseen päästöarvoon, jonka voi lähtökohtaisesti saavuttaa puurakenteinen asuinkerrostalo, jonka energiatehokkuuden taso on tavanomaisella nykyiset rakennusmääräykset täyttävällä tasolla (YM TALO-hankkeen loppuraportti 2019, 36). Laskentatuloksia kyseiseen tulokseen verraten havaitaan, että kyseinen kohde alittaa mahdollisen tulevaisuudessa esitettävän tavoite raja-arvon todellisten päästökerrointen mukaisesti suoritetun laskelman perusteella uusiutuvan päästöttömän sähkönkäytön vuoksi. Toisaalta, mikäli ympäristöministeriön arviointimalli ei jatkossa tule huomioimaan tätä sähkönkäytön erityispiirrettä energiankäytössä, on rakennushankkeiden toteutuksessa saavutettava tulevaisuudessa toteutettavien kohteiden osalta laskentakohdetta vähäpäästöisempi lopputulos.

1. KOHTEEN KOKONAISHILIJALANJÄLKI RAKENNUKSEN ELINKAAREN AIKANA (50-vuotta)				
PALVELUNTUOTTAJA (A)		KESKIARVO	PALVELUNTUOTTAJA (B)	
19,2	kgCO ₂ e/m ² /a	19,9	20,6	kgCO ₂ e/m ² /a
13,3	kgCO ₂ e/m ² /a (S-malli)	14,1	14,8	kgCO ₂ e/m ² /a (S-malli)

Taulukko 5. Rakennuksen kokonaispäästöt YM21- sekä S-mallilla raportoituna.

7.2 Rakennushankkeen elinkaariarviointi ohjeistus sekä tulosraportti

Tässä luvussa käsitellään tapaustutkimuksen laadullisten tiedonkeruumenetelmien tuottamia tuloksia. Tulokset muodostettiin tutkimuksen aikana sekä tutkimuksen tiedonkeruun valmistuessa suoritettuna tutkimusaineiston sisällön analysoinnin tuloksena. Tapaustutkimuksen aikana suoritettu analysointi teemahaastatteluiden välillä tarkensi tapaustutkimuksen tuloksien muotoa, joiden osalta tutkimuksen aikana tehtiin tarkennetun tilannekuvan perusteella S-ryhmän tarpeiden pohjalta päätös, että tapaustutkimuksen tuotoksena muodostetaan rakennushankkeiden elinkaariarviointia varten laskennan tekijöitä varten ohjeistus sekä määrämuotoinen raporttipohja laskennan tuloksien käsittelyä varten. Edellä mainitut tuotokset ovat keskeisiä tiedon jatkokäsittelyn kannalta, jotta tuloksien sisältö on mahdollisimman yhteismitallista laadittujen ohjeiden perusteella sekä tuloksien sisältö tapaustutkimuksen aikana määritellyn määrämuotoisen pohjan ansiosta ko- neluettavissa. Nämä käytännöt todettiin tutkimuksen aikana tarpeelliseksi mahdollistaen tiedon tehokkaan jatkohyödyntämisen sekä tuloksien vertailut kohteiden välillä. Käytännöt mahdollistavat lisäksi myös ajantasaisen päästökehityksen seurannan uudisrakennushankkeiden osalta. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu tarkemmin tuloksista, jotka käsitellään alkaen laskijoille laadituista ohjeista sekä tämän jälkeen omana lukuna selvitetään tuloksia, joiden perusteella tulosraportti lopulta muodostettiin.

7.2.1 Rakennushankkeen elinkaariarviointi laskentaohjeet

Tapaustutkimuksen tuloksena S-ryhmälle muodostettiin elinkaariarviointi laskentaohjeistus, jonka mukaisesti jatkossa laskentoja suoritetaan valtakunnallisesti S-ryhmässä. Tässä luvussa kuvataan miten laadullisten tiedonkeruumenetelmien ja sisältöanalyysien perusteella tapaustutkimuksen tuloksena syntynyt ohje sai lopullisen muotonsa.

Elinkaaripäästöjen arviointimalli

Rakennushankkeen päästövaikutuksien selvittämiseksi ensimmäinen keskeinen määritettävä asia oli tapa, jolla rakennushankkeen elinkaaren aikana syntyviä päästöjä tullaan jatkossa arvioimaan. Lukuisista vaihtoehdoista valittiin käytettäväksi ensimmäisessä vaiheessa Ympäristöministeriön malli, koska kyseisen arviointimallin on myös määrä tulla Suomessa arviointimalliksi, jonka mukaisesti suoritetuilla elinkaariarvioinneilla arvioidaan jatkossa täyttääkö suunniteltu rakennus kyseiselle kiinteistölle määritetyt raja-arvot rakennushankkeesta elinkaaren aikana muodostuvien päästöjen osalta. (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2019; YM vähähiilisen rakentamisen tiekartta, 2022.)

Laskentaohjelmisto

Arviointimallin jälkeen seuraava määritettävä osa-alue oli laskentojen suorittamiseksi käytettävä työkalu, joita markkinoilta löytyy kolmea eri tyyppiä koostuen kustannuslaskentapohjaisista-, elinkaariarviointiin pohjautuvista sekä erillisistä taulukkolaskentasovelluksista (Häkkinen 2020, 76). Tapaustutkimuksen aikana ilmeni, että yleisin ja käytetyin sekä myös molemmilla palveluntuottajilla käytössä oleva toimintatapa laskea elinkaariarvioita oli käyttämällä kyseiseen käyttötarkoitukseen kehitettyä laskentaohjelmistoa. Näillä perusteilla laskelmien sisältöjen keskinäistä vertailukelpoisuutta edistämään määriteltiin laskentaohjelmistoksi alalla yleisesti käytössä oleva kaupallinen laskentaohjelmisto OneClickLCA. (Häkkinen 2020, 58.)

Tuotteiden päästöarvot & laskennan aikana tehtävät tuotevalinnat

Varsinaisen elinkaariarvioinnin osalta tapaustutkimuksessa kerätty tieto osoittaa, että arviointiin sisältyy useita osa-alueita, joissa täytyy tehdä valintoja. Laskelmien keskinäisen vertailukelpoisuuden vuoksi pyrimme tapaustutkimuksen aikana selvittämään mahdollisimman kattavasti kaikki laskentaprosessin aikana tehtävät valinnat sekä määrittämään mahdollisimman tarkoituksenmukaiset ohjeet, joihin perustuen valinnat voidaan tehdä samalla periaatteella. Ensimmäiset laskelmat sekä laskelmien tuloksien analysointi osoitti, että laskentojen tekijän tulee tehdä tuotteiden päästötietojen selvittämiseksi kaikkien tuotteiden osalta ohjelmassa valinta ja valita laskelmassa käytettävä tuote, joka määrittelee tuotepäästön suuruuden perustuen tuotteen suunnitelmissa esitettyyn määrään. Tämä vaihe tunnistettiin yksittäiseksi suurimmaksi epätarkkuutta laskelmien välillä aiheuttavaksi osa-alueeksi. Tästä syystä laadimme materiaalivalintojen osalta ohjeen, jossa ensisijaisena tuotteen päästöarvon määrittävänä tuotetietona käytetään aina, mikäli tieto on saatavilla

tuotteen omaa tuotekohtaista (EPD) ympäristöselosteen tietoa, joka on verifioitu sekä vakioitu tapa esittää tuotteiden ympäristöominaisuuksia (Häkkinen 2020, 63). Tutkimuksen aikana tunnistettiin tuotetietojen osalta, että valitettavasti kaikille tuotteille ei löydy kyseistä ympäristöselostetta. Näissä tapauksissa laskijan on tukeuduttava laskentaohjelmiston päästötietokannasta löytyviin esimerkkituotteisiin. Esimerkkituotteet ovat osa ohjelmistoon integroitujen päästötietokantojen tietoja, joilla päästöarvot voidaan suunnitelmissa esitetyille tuotteille määrittää, mikäli EPD-ympäristöselostetta ei ole kyseiselle tuotteelle käytettävissä. Päästötietokanta esittää yksittäiselle rakennusosalle lukuisia vaihtoehtoja. Vaihtoehtojen osalta havaitsimme, että laskennassa laskijasta riippuen tehtiin erilaisia valintoja laskentaohjelmistossa päästöarvon määrittävän tuotteen osalta, jonka tulisi aina vastata mahdollisimman lähelle projektipankissa esitettyjen suunnitelmien sisältämiä tuotteita. Tästä syystä määritimme ohjeeksi laskijalle, että valinnan tulee olla aina päästötietokantaa käytettäessä lähimmäksi suunniteltua tuotetta vastaava tuote, joka on vähäpäästöisin. Peruste käyttää vähäpäästöisintä tuotetta tehtiin laskelmien vertailukelpoisuuden vuoksi, koska muutoin kaksi identtistä kohdetta valintojen myötä voivat antaa hyvin erilaiset tulokset. Päästötietokannassa tehtävien valintojen, tuotteiden suuren lukumäärän sekä jatkuvasti päivittyvän tietokannan tuotesisältöjen vuoksi tutkimustulokset sekä tutkimuksen aikana suoritettujen laskelmien osoittivat, että samaa kohdetta kahden eri toimijan toimesta laske-
malla ei käytännössä ole todennäköistä saada täysin yhteneviä tuloksia. Jatkossa EPD-ympäristöselosteiden yleistyessä myös laskentojen tuottamien tuloksien tarkkuus tulee kuitenkin parantumaan.

Määräsisältö

Laskennoissa käytettävä tietolähde laskennan määräsisältöjen osalta oli myös tapaustutkimuksen osana määriteltävä asia. Tutkimuksen aikana kyseistä aihetta lähestyttiin selvittämällä millaiset tulokset nykyinen suunnitelmataso ja siihen liittyvät sähköisessä IFC-muodossa olevat suunnitelmat tuottavat. Laskentatuloksien määräsisältöjen osalta laskentaa suorittavien tahojen tuloksien välistä hajontaa analysoitiin tutkimuksen aikana tarkastelemalla rakennustuotteisiin sitoutuneiden päästöjen määrää elinkaari vaiheen A1-A3 osalta sekä edelleen porautumalla keskeisimpien merkittävyydeltään suurimpien tuotteiden osalta laskijoiden tekemiin tuotevalintoihin. Tarkastelun perusteella ilmeni, että laskentatuloksien kautta määräsisältöjä arvioimalla tulokset olivat kahden eri palveluntuottajan laskelmien osalta toisiinsa verraten hyvin lähellä toisiaan. Eroa muodostui tapaustutkimuksen viimeisen laskelman osalta tuloksien osalta toisen laskentaa suorittaneen toi-

mijan omaehtoinen tarkempi materiaaleihin sisältyvä raudoituksen määrän arviointi osana laskentatulosta, josta tarkemmin kerrottu aiemmin luvussa 7.1. Tämän lisäksi eroa laskentatuloksien välillä aiheutti laskentaprosessissa käytettävän päästötietokannan käyttö, jossa laskija tekee omaan arviointiinsa perustuvia valintoja. Tapaustutkimuksen aikana selvinneet edellä kuvatut juurisyyt laskentatuloksien eroihin ja tätä kautta tuloksiin huomioiden koettiin, että laskelmat tuottavat nykyisellä ohjeistuksella riittävän tarkat laskentatulokset. Jatkossa tarkkuutta on mahdollista edelleen parantaa suorittamalla suunnittelu tarkemmilla tietomalli vaatimuksilla, joiden tuottamasta tietomallista voidaan suoraan raportoida käytettyjen eri rakennusosien massamäärät elinkaariarviointia varten.

Vertailulaskelma B6

Tapaustutkimuksen aikana ensimmäisen laskelman tulokset osoittivat, että ympäristöministeriön laatima arviointimalli ei huomioi S-ryhmässä käytössä olevaa päästötöntä sähköä laskentatuloksissa päästöttömänä (YM rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2019). Tulokset muodostuvat arviointimallissa käytettäväksi määritellyn energiamuodon päästökertoimeen perustuen. Tästä syystä tutkimuksen aikana ilmeni tarve määritellä osana elinkaariarviointia tehtävä oma vertailulaskelma B6 elinkaarivaiheen osalta, joka huomioisi S-ryhmän erityispiirteenä kaikissa kiinteistöissä käytössä olevan päästöttömän sähkön osana toteutusta kohteen elinkaariarvioinnissa. Erillinen vertailulaskelma YM:n arviointimallin rinnalla oli perusteltua, jotta laskentatuloksista voidaan jatkossa muodostaa mahdollisimman todenmukainen käsitys kohteen elinkaaren aikana syntyvien päästövaikutuksien osalta, joista B6 elinkaarivaihe edustaa koko rakennuksen ostoenergian valmistuksesta aiheutuvaa päästöä rakennuksen koko elinkaaren ajalta (Häkkinen 2020, 71).

Elinkaarivaiheesta B6 toteutettava laskelma ohjeistaa laskijaa vaihe vaiheelta laskennan suorittamiseksi vaadittavien toimenpiteiden osalta. Laskentaohjeeseen määriteltiin tutkimuksen aikana tyypillisimpien rakennutettavien kohteiden laskennassa käytettävät ominaiskulutuslukemat. Lukemat itsessään määriteltiin perustuen mittausanalytiikkaan kyseisten kohteiden osalta pitkältä aikaväliltä konsultoiden aiheesta lisäksi S-ryhmän energiamanagereita. Tutkimuksen aikana tunnistettiin lisäksi, että kaikkia rakennutettavia kohteita ei voida laskea perustuen ennalta määriteltyihin ominaiskulutuslukemiin sähkön- ja lämmityksen osalta. Tästä syystä ohjeistukseen tarkennettiin, että mikäli kohde ei sisälly ohjeessa esitettyihin ketjuihin, tulee tässä tapauksessa ottaa yhteyttä

alueosuuskaupan energiamanageriin, joka osaltaan selvittää kyseisissä tapauksissa laskennassa käytettävät arvot.

Elinkaariarviossa tarvittavat lähtötiedot

Tutkimuksen aikana selvitettiin seikkaperäisesti mitä kaikkea elinkaariarvioinnin toteuttamiseksi tarvitaan. Tutkimuksen aikana ilmeni, että IFC-tiedostoista saatavien määrätietojen lisäksi hankkeesta on tarpeen saada laskentaa varten myös täydentäviä suunnitelmia, joista kerätyn informaation perusteella laskenta voidaan suorittaa lähtötietojen osalta mahdollisimman luotettavasti. Olennaisimmat IFC-suunnitelmia täydentävät suunnitelma-aineistot koostuvat arkkitehti- sekä rakennesuunnittelijoiden tuottamista suunnitelmista, joista ilmenee IFC-suunnitelmissa esitettyjen sisältöjen tarkempi tuotekohtainen kuvaus tuotteen sisällöstä ja materiaaleista. Tietojen perusteella on mahdollista valita esimerkiksi päästötietokantatietoja käytettäessä mahdollisimman lähelle suunniteltua tuotetta vastaava tuote, jonka päästöarvoja laskelmassa käytetään kyseisen tuotteen osalta. Tästä syystä tutkimuksen aikana laadittiin elinkaariarvioinnin toteuttamisen kannalta olennaisimpien lähtötietojen listaus, joka toimitetaan jatkossa ohjeen muodossa hankkeita rakennuttaville projektipäälliköille huomioitavaksi hankkeen suunnittelun ohjauksessa hankkeen lopulla suoritettavan elinkaariarvioinnin lähtötietojen tuottamista varten.

Elinkaariarvion toteutuksen ajankohta

Elinkaariarviointia suositellaan tehtäväksi ja edelleen päivitettäväksi suunnitteluvaiheittain kohdetietojen tarkentuessa. Tässä tapaustutkimuksessa ja tämän tapaustutkimuksen tuloksien käyttöperiaate on kerätä tietoa jo toteutetuista valmistuneista kohteista. Tähän määrittelyyn toimintatavan osalta päädyttiin, koska tapaustutkimuksen aikana tarkentunut tavoite edistää vähähiilistä rakentamista S-ryhmässä perustuu tiedolla johtamiseen, jossa tarkennetaan ensin tilannekuva selvittäen ensi vaiheessa elinkaariarviointien perusteella mistä nykyisten uudisrakennushankkeiden elinkaari-päästöt koostuvat. Tämän jälkeen toteumatiedoista muodostetun tietopankin avulla voidaan ohjata rakentamista jatkossa parhaisiin käytäntöihin perustuen, jotka pohjautuvat reaali maailman tuloksiin todellisista rakennushankkeista. Tämä lähestymistapa on keino ottaa haltuun ilmiö, jota ympäröivät arviointimenetelmät, lainsäädäntö ja käytännöt eivät ole vielä vakiintuneet alalla. Toimintatapa mahdollistaa myös nopealla aikataululla kattavan tietopankin kokoamisen sekä laskentojen suorittamisen lopullisten toteumatietojen pohjalta, joissa voidaan YM:n arviointimallin (YM

rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021 luonnos) ohjeistamasta ensisijaisuusjärjestyksestä poiketen käyttää rakennuksien valmistuessa laadittavaa energiaselvitystä tarkemman energiatodistuksen tietoja osana laskentaa parantaen laskentatuloksien luotettavuutta.

7.2.2 Laskentatuloksien tulosraportti

Tapaustutkimuksen aikana muodostui tarve omalle raportointipohjalle, jotta tutkimuksen aikana tunnistetut jatkuvasti kehittyvät arviointimallit ja samanaikaisesti lisääntyvät sekä tarkentuvat tuotetiedot olisi mahdollista hallita sekä synkronoida S-ryhmälle tehtävän uudisrakennushankkeiden päästökemityksen sekä toteumatietojen raportoinnin osalta. Vaihtoehtoina tutkittiin myös muita mahdollisuuksia raportoinnille, kuten suoraviivaista mahdollisuutta raportoida laskentatulokset suoraan ohjelmiston tuottamassa muodossa olevalla raportilla. Tämä vaihtoehto osoittautui kuitenkin haasteelliseksi, koska raportointi mahdollisuuksia saman ohjelmiston tuottamina oli useita erilaisia huomioiden, että koneluettavien tuloksien vastaanottava järjestelmä toimii luotettavasti vain yhden määrämuotoisen sisällön perusteella. Tästä syystä ja ohjelmisto sekä arviointimallien kehittyessä ja täten muuttuessa sekä huomioiden myös useat laskentaa suorittavat tahot oli perusteltua luoda oma raportointipohja, jolloin jatkossa on vain yksi määrämuotoinen taulukko, johon tulokset kirjataan ohjeen mukaan. Tämä myös mahdollistaa tarvittavat päivitykset raportointipohjaan, jotka ovat mahdollisia ja toteutettavissa laskelmissa esiintyvien havaintojen pohjalta nopeallakin aikataululla.

Laskentatuloksien elinkaariarviointien tulosraportointipohjan (LIITE 4) sisältö määriteltiin tutkimuksen aikana sisältämään edellä kuvatuista lähtökohdista S-ryhmän raportointitarpeiden ja jatkokemityksen kannalta keskeiset asiasisällöt. Tulosraportointipohja sisältää hankkeen lähtötiedot sekä viisi taulukkoa, jotka koostuvat elinkaariarvioinnin kokonaistuloksista, päästöistä elinkaarivaiheittain sekä rakennusosittain ja erikseen rakennusosien valmistukseen liittyvistä päästövaikutuksiltaan merkittävimpien rakennusosien tuotetiedoista sekä tuotteiden päästövaikutuksista tarkemmallalla tasolla. Lisäksi raportin lopussa on avoimelle palautteelle tai erityishavainnoille varattu oma vapaa tekstikenttä laskentaa suorittavalle henkilölle. Raportointipohja sisältää myös välilehden, jolla lasketaan S-ryhmän omalla laskentamallilla B6 elinkaarivaiheen osalta vertailulaskelma ympäristöministeriön tuloksen yhteyteen tuloksien koontisivulle. Tutkimuksen aikana suoritettavat laskelmat lisäksi osoittivat, että laskentatuloksia kirjattiin eri tarkkuuksilla desimaalien määrän vaihdelta tuloksissa sekä lisäksi tuloksien yhteydessä kirjattiin samoja asioita erilaisia termejä

käyttämällä. Tästä syystä laskentapohjaan lisättiin ympäristöministeriön 2021 arviointimallin mukaiset sarakkeet, joissa jatkossa eritellään rakennuspaikka- sekä rakennus tuloksien osalta (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Lisäksi tarkennettiin tuloksien esittämiselle tarkkuus kahden desimaalin tarkkuudella sekä lisättiin pudotusvalikot täytettäviin kohtiin, joissa oli tarpeen nimetä rakenne- tai rakennusosa. Nimikkeinä käytettiin arviointimallin mukaisia Talo 2000-luokituksen nimikkeitä, jotka mahdollistavat jatkossa raportoidun tiedon jatkohyödyntämisen esimerkiksi hankkeiden eri suunnitteluvaiheiden suunnittelunohjauksessa hyödyntämällä erilaisia nimikkeistön mukaisia hakuja ja tekemällä vertailuja rakennusosa- sekä rakennustuote tasolla määrämuotoisten nimikkeiden kautta (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Haut ovat erityisen hyödyllisiä lähitulevaisuudessa tietopankin sisällön määrän kasvaessa. Tällöin tiedostaen rakennuskohteen tavoitteet ja rajoitteet on mahdollista hakea hankkeen lähtökohtien perusteella tietopankin sisällöstä päästötehokkaimpia ratkaisumalleja, jotka sopivat juuri kyseiseen hankkeeseen.

Ensimmäinen taulukko määriteltiin käsittelemään kohteen elinkaariarvioinnin kokonaistuloksia. Kokonaistulokset määritettiin esitettäväksi yleisesti käytössä olevilla vertailuyksiköillä, joissa tulos jaetaan kohteen lämmitetyllä nettoalalla ja esittää tulokset muodossa kg CO₂e/m²/a. Tuloksissa käytettävä vertailuyksikkö on rakennushankkeiden keskinäiseen vertailuun tarvittava työkalu, jonka perusteella voidaan käyttötarkoitukseltaan samankaltaisia kohteita verrata sekä arvioida vertailun perusteella rakennuksen vähähiilisyttä suhteessa vastaaviin rakennushankkeisiin. (Häkkinen 2020, 73.) Lisäksi tulokset määriteltiin esitettäväksi myös yleisesti käytössä olevalla yksiköllä tCO₂e. Yksiköiden valinnat tehtiin osittain myös perustuen ohjelman tuottamiin yksiköihin, jotta yksiköitä ei olisi tarpeen käsin muuttaa ja täten inhimillisen virheen mahdollisuus olisi pienempi tuloksia käsiteltäessä. Ensimmäiseen taulukkoon lisättiin myös hiilikädenjälki omaksi raportoivaksi lukuarvoksi, jotta raportilta ilmenisi negatiivisten päästövaikutusten lisäksi myös positiiviset ilmastohyötyjä tuottavat rakennushankkeessa toteutetut ratkaisut, kuten esimerkiksi uusiokäytössä toisen purkukohteen osalta hyötykäyttöön uudelleen kohteessa kasattu kylmiötila, jonka uusiokäytön ansiosta vältetään tuotteiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. Hiilikädenjälki ottaa huomioon myös tontilla tuotetun uusiutuvan energian, jota voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkopaneeleilla. (Häkkinen 2020, 51-49.)

Toinen taulukko laadittiin tapaustutkimuksen aikana käsittelemään elinkaarivaiheittain uuden arviointimallin mukaisia elinkaarivaiheita sekä elinkaarivaiheisiin sitoutuneita päästöjä itse rakennuksen sekä rakennuspaikan osalta elinkaarivaiheittain (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Taulukossa esitetään lisäksi määrätiedon lähde, johtuen arviointimallin ja reaali maailman käytännöistä, joissa osa tiedoista kerätään suunnitelmista ja osa toistaiseksi vielä määritellään päästötietokantojen kautta. Tarkoituksena valinnan kirjaamisella oli tehdä näkyväksi kaikki olennainen laskentaan liittyvä, jotta tarvittaessa jälkeenpäin sekä mahdollisissa ristiriitaisissa tilanteissa on havaittua aihetta helpompi selvittää, kun keskeiset valinnat on tehty näkyviksi myös tulosraportilla.

Kolmas taulukko tulosraportilla esittää elinkaarivaiheen A1-A3 sisältyvien rakennusosien päästövaikutukset samalla periaatteella, kuin elinkaarivaiheet jaettuna rakennuksen- sekä rakennuspaikan mukaisesti järjestyksessä alkaen merkittävimmän päästön omaavasta rakennusosasta. Raporttipohjaan ohjelmoitiin lisäksi pudotusvalikot, joiden sisältö on edellä kuvatun Talo 2000-luokituksen mukainen, joka integroimalla tulosraportti pohjaan varmistetaan yhdenmukainen tietojen syöttö tuloksien osalta. Lisäksi kolmannen taulukon osalta ohjeistuksessa laskijaa ohjeistetaan kirjaamaan huomiot sarakkeeseen rakennusosan rakennetyyppi, mikäli sellainen on rakenteelle määritelty. Tämä on keskeistä tietojen jatkohyödynnettävyyden näkökulmasta, jolloin järjestysnumero yhdessä rakennetyypin ja Talo 2000-nimikkeistön mukaisten rakennusosa tietojen kanssa muodostaa kokonaisuuden yhdessä seuraavassa taulukossa neljä esitettyjen tuotetietojen kanssa, joita voidaan hyödyntää tulevisissa toteutuksissa osana suunnittelunohjausta suunnitelmaratkaisuiden määrittelyssä. Raporttipohjan rakennusosien syöttökenttien määräksi valittiin kaksikymmentä syöttökenttää perustuen yksittäisen kohteen tuloksiin, jossa merkittävimmät rakennusosat muodostuivat toisen laskelman aikana yhdeksästä yhteentoista eri rakennusosasta. Tämän tiedon perusteella kaksikymmentä kenttää arvioitiin riittävän hyvin myös muiden erilaisten toteutuksien osalta huomioiden, että viimeinen rivi on varattu rakennusosien summalle, joka koostuu merkittävimpien rakennusosien ulkopuolelle jääneiden laskennan rakennusosien päästövaikutusten kokonaismäärästä. Tämä kohta lisättiin raportointipohjaan rakennusosa ja tuotevaiheisiin, jotta myöhemmin voidaan lisätä tarvittaessa myös ohjelmallinen laadunvarmistus toiminto taulukkoon. Laadunvarmistus toiminto jatkossa perustuu ohjelmoituun kaavaan, joka vertaa eri osioiden kokonaissummaa toisiinsa ja antaa laskijalle tarvittaessa herätteen, mikäli algoritmi havaitsee laskijan inhimillisen virheen vuoksi epä johdonmukaisen tuloksen taulukkoon syötetyissä laskentatulok-

sisä. Lisäksi rakennusosien rivien määrässä huomioitiin myös laskentaa suorittavan tahon työ-
määrä, joka kertautuu tuotetieto taulukon rakennusosiin liittyvien tuotteiden tuotetietojen täy-
tössä, mikäli vaadittuja tietoja lisätään rakennusosa taulukkoon.

Taulukko numero neljä sisältää rakennusosien valmistukseen käytettyjen tuotteiden tiedot. Rakennusosiin liittyvät tuotteet kirjataan samalla järjestysnumerolla kuin tuotteisiin liittyvä rakennusosa edellisessä taulukossa. Rakennustuotteiden osalta tuloksissa esitetään seitsemän merkittävintä tuotetta, joilla on suurimmat päästövaikutukset sekä lisäksi summarivillä viimeisenä rivinä taulukossa kaikkien jäljelle jäävien rakennusosan tuotteiden päästöjen summa, joka mahdollistaa osaltaan taulukon numero neljä tuloksien laadunvarmistuksen verraten tuloksia taulukon numero kolme rakennusosien tuloksien kanssa.

Erilliselle välilehdelle lisäksi määriteltiin ohjeistus sekä toteutettiin laskuri, jonka perusteella B6 elinkaarivaihe energiankäyttö voidaan laskea erillisenä vertailulaskelmana ja lopuksi liittää laskentatulokset tulokset koontisivulle huomioiden S-ryhmässä omassa toiminnassa käytössä oleva päästötön sähköenergia. Vertailulaskelman suorittamiseksi välilehdelle määriteltiin ohjeet, joita seuraamalla laskija suorittaa vaiheittain etenevän laskennan. Ensimmäinen vaihe ohjeistaa laskijaa tarkastamaan lähtötiedot koontisivulta, jotta laskelman tulokset raportoituvat oikein koontisivun neliötietojen kohdekohtaisen määrätiedon perusteella. Seuraavaksi laskijan tulee valita pudotusvalikosta kohteen lämmitysmuoto, jonka jälkeen laskijan tulee valita, onko kohteesta käytössä olevaa alueellista päästökerrointa vai käytetäänkö vaihtoehtoisesti tiedon puuttuessa kansallinen päästötietokannan mukaista skenaariota päästöjen kehitykselle hankkeen elinkaaren aikana. Mikäli valinnaksi määritellään laskennan aikana päästötietokanta, suorittaa laskuri automaattisesti laskelman ja arvo siirretään koontisivulle. Mikäli kohteen osalta on käytettävissä alueellinen päästökerroin, tulee seuraavassa vaiheessa syöttää laskuriin päästökertoimeen liittyvät vuosiluvut sekä elinkaariarvioinnin vuosiluku, jonka myötä laskuri ilmoittaa tulokset. Laskuri on ohjelmoitu laskemaan valinnoista riippuen kohteen päästökerroin laskuriin ohjelmoidun sisällön perusteella. Laskurilla saadaan näkyväksi vertailulaskelman tuloksen avulla päästöttömän sähkönkäytön vaikutus rakennuksen käyttöenergian osalta rakennuksen koko elinkaaren aikana arvioidun energiankäytön päästöjen osalta. Vertailulaskelmalla havaittiin merkittävä ero laskentatuloksissa, kun tulosta verrattiin ympäristöministeriön arviointimallin mukaisesti laskettuun energiankäytön päästöarvoon (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021

luonnos). Ilman vertailulaskelmaa päästötöntä sähköä käyttävien rakennuksien tuloksista voi muodostua virheellinen päätelmä, koska tulokset eivät kuvaa todellista tilannetta energian käytön osalta. Toisaalta on ymmärrettävää, että ympäristöministeriö on linjannut päästökertoimen käytettäväksi samalla tapaa kaikille sähkökäyttäjille, koska esimerkiksi kiinteistöä myydessä omistajan vaihdoksen yhteydessä ei voida taata, että seuraava toimija tekee vastaavan päästöttömän sähkösopimuksen, jolloin tilanne voi olennaisesti muuttua myös energiankäytön päästöjen osalta rakennuksen elinkaaren aikana.

7.3 Luotettavuustarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan tapaustutkimuksen aikana kerätyn tutkimustiedon luotettavuutta sekä itse tutkimusprosessiin liittyviä luotettavuuskysymyksiä. Tapaustutkimuksessa kerätty tutkimusaineisto koostuu teemahaastatteluista, havainnoista, aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta sekä ammattijulkaisuista ja tutkimuksista. Tutkimuksen tietoperustan keskeisimmän asiasisällön muodostavat ympäristöministeriön julkaisut. Ympäristöministeriön vähähiiliseen rakentamiseen liittyvät julkaisut ovat julkaisija tahoon perustuen luotettavaa tietoa, jota tapaustutkimuksessa hyödynnettiin myös tiedonhaussa sekä julkaisuiden sisältämien tietosisältöjen osalta ilmiön paremman ymmärryksen muodostamiseksi. Varsinainen tiedonhaku suoritettiin systemaattisesti tietokantahakuja tekemällä ennakkoon kartoitetuilla keskeisimmillä ilmiöön liittyvillä termeillä. Tiedonhaun tuloksia suodatettiin tiedonhaun aikana käyttämällä tiedonhaussa rajauksia, joiden perusteella tietokantahakujen tuottamat tulokset saatiin pääosin rajattua lähivuosien tutkimustuloksiin ja julkaisuihin. Rajauksilla pyrittiin löytämään ajankohtaisin tieto tapaustutkimuksessa tutkittavasta aihealueesta Suomesta sekä kansainvälisesti. Rajauksia hyödynnettiin myös suodattamalla hakutuloksia vertaisarvioitujen tutkimustuloksien osalta. Tällä perusteella tapaustutkimuksen tietoperustaan kuuluvat tutkimukset olivat sisällöltään vertaisarvioinnin tuloksena toisen tutkijan validoimia ja täten sisällöltään mahdollisimman luotettavia tutkimustulosten analysoinnin apuna sekä aiheeseen syventymiseen soveltuvia aineistoja.

Tapaustutkimuksen tiedonkeruumenetelmäksi valittiin laadullinen tutkimus, jossa tutkimuskysymyksiin lähdettiin selvittämään vastauksia yhtenä keskeisimmistä tiedonkeruumenetelmänä teemahaastatteluiden perusteella. Teemahaastatteluiden sisällöt taltioitiin kokonaisuudessaan. Haastatteluiden jälkeen tiedonkeruumenetelmän tiedonkäsittely ja taltiointi toimintatapa mahdollisti

tarvittaessa haastatteluiden sisältöön palaamisen, jonka myötä haastatteluiden sisältöjä oli mahdollista analysoida haastatteluiden jälkeen ja ohjata tarpeen mukaan myös tutkimuksen suuntaa kerätyn aineiston perusteella. Tapaustutkimuksen tutkimusaineiston sisältöanalyysi kenttävaiheen jälkeen suoritettiin litteroimalla olennaiset pääkohdat tallenteista tekstinkäsittelyohjelmalla. Valittu sisältöanalyysi menetelmä yhdessä tallenteiden käytön kanssa muodosti luotettavan tavan käsitellä tietoa, sillä tallenteisiin voitiin aina tarvittaessa palata myöhemmin, mikäli havaittiin jostain olennaista myöhemmin puuttuvan ja tietosisältö säilyi koko tutkimuksen ajan autenttisenä ennallaan.

Haastateltavien valinta kohdistettiin tahoihin, jotka tuntevat ilmiön päivittäisen työnsä kautta ja ovat alan asiantuntijoita usean vuoden kokemuksella. Täten haastateltavien tuottamia sisältöjä voitiin pitää verrattain luotettavana. Haastateltavien henkilöiden asema palveluntuottajana tutkijan edustamalle taholle saattoi kuitenkin todellisuudessa osaltaan heikentää tutkimustuloksien sisältöjen luotettavuutta perustuen palveluntuottaja - työn tilaaja asetelmaan. Asetelma todennäköisesti vaikutti ainakin osittain palveluntuottajaan kykyyn antaa kriittistä palautetta heikentävästi. Tästä syystä haastatteluiden aikana pyrittiin luomaan tietoisesti mahdollisimman avoin ilmapiiri käsitellä asioita hyvässä hengessä, jotta myös eriävät mielipiteet tulisivat haastatteluiden aikana tarvittaessa esille.

Tapaustutkimuksen aikana suoritettujen elinkaariarviointien sisältöjen luotettavuutta arvioitaessa tuloksien oikeellisuuden kannalta olennaisinta on laskennassa käytetyn tietolähteen määrätiedon laatu sekä laskelmaan valittujen tuotteiden hiilijalanjälkitiedot (Häkkinen 2020, 77).

Materiaalimäärien arvioinnissa laskentaa suorittavat palveluntuottajat joutuivat käytännössä välillä tekemään oletuksia laskennassa huomioitavien rakennusosien sisältöjen osalta, koska projektipankin laskenta-aineiston ARK- ja RAK-suunnitelmia ei oltu tehty määrälaskenta tarpeisiin, joka osaltaan heikentää laskentatuloksien luotettavuutta (Häkkinen 2020, 81).

Rakennustuotteiden osalta valittua laskentaohjelmaa käytettäessä joutuu laskija lisäksi usein valitsemaan oman arvionsa perusteella suunnitelmissa esitettyä tuotetta lähemmäksi vastaavan tuotteen päästötietokannan suuresta vastaavien tuotteiden joukosta. Tämä toimintatapa tuotteiden osalta, joille ei löydy tuotekohtaista (EPD) ympäristöselostetta aiheuttaa väistämättä hajontaa verrattaessa kahta eri henkilön toimesta suoritettua laskelmaa samasta kohteesta, kuten tässä tapaustutkimuksessa tehtiin. Tapaustutkimuksen rakennuskohteen elinkaariarvioinnin

tuloksia voidaan kuitenkin kokonaisuutena pitää melko luotettavina, koska ne perustuvat ympäristöministeriön laatimaan ohjeistukseen ja laskentatapaan, joka on luotu Eurooppalaisten standardien pohjalta. Tätä tukevat myös laskentatulokset, jotka olivat suurusluokaltaan samaa tasoa puurunkoisen asuinkerrostalon tuloksien kanssa, jonka vertailuyksikön arvot esitettiin ympäristöministeriön julkaisemassa TALO-hankkeen loppuraportissa (YM TALO-hankkeen loppuraportti 2019). Tulevaisuudessa on huomioitava laskentoja verrattaessa niiden ajallinen luotettavuus tutkittaessa ilmiötä, jonka laskennan keskeiset osatekijät ovat jatkuvasti kehittyvät päästötietokannat sekä lisääntyvät tuotekohtaiset EPD-ympäristöselosteet ja arviointimenetelmät. Täten vuoden takaisiin kohteisiin ei ole enää todennäköisesti mielekästä verrata uuden kohteen tuloksia laskentamenetelmien sekä tuotetietojen kehittyessä, jolloin reaali maailmassa toisiaan täysin vastaavat kohteet saattavat tuottaa eri aikana laskettuna erilaisia tuloksia perustuen laskelmissa käytettävän tiedon jalostumiseen ajan myötä. (Keskisalo 2020, 23.)

7.4 Tutkimuksen eettinen tarkastelu

Tutkimuksen eettisyys huomioitiin tutkimusprosessissa huomioimalla laadullisessa tutkimuksessa käsiteltävän kokonaisuuden toteutus hyvien tieteellisten käytäntöjen mukaisesti huomioiden tasa-
puolinen ja reilu kohtelu kaikkia hankkeen osapuolia kohtaan sekä mahdollisimman läpinäkyvä rap-
portointi tutkimuksen sisällöstä, joka mahdollistaa tutkimusprosessin sekä tutkimustuloksien lu-

tettavuuden arvioinnin kolmansien osapuolten toimesta jatkossa. Tämä tarkoitti käytännössä, että
tutkimuksen aikana tiedonkeruumenetelmien tuottamien aineistojen käytölle pyydettiin suostu-
mus kaikilta tutkimukseen osallistuvilta henkilöiltä ennen tiedonkeruu vaihetta. Lisäksi tutkimuk-
sen tiedonkeruun tuottaman aineiston tiedonkeruutapa sekä käyttötarkoitus esitettiin kaikille
hankkeen osapuolille mahdollisimman seikkaperäisesti ennen tiedonkeruuta. Suostumusta tiedon-
keruun osalta pyydetessä esitettiin lisäksi, kuinka tietoa käsitellään tutkimuksen osana ja mitä
kerätylle tiedolle lopulta tapahtuu työn valmistuessa. Henkilötietojen lisäksi hyvät tieteelliset käy-
tännöt huomioitiin kirjaamalla kaikki olennainen tapaustutkimusraporttiin sekä raportin liitteisiin,
jotta tutkimustulokset sekä niihin johtanut tutkimusprosessi olisi arvioitavissa mahdollisimman
luotettavasti perustuen tutkijan esittämiin valintoihin ja perusteluihin, joilla valinnat on tutkimuk-
sen edetessä tehty. Tapaustutkimukseen valitut tutkimuskäytännöt valittiin huolellisen aiheeseen
perehtymisen tuloksena. Tiedonhankinta tapaustutkimusta varten suoritettiin tavoitellen mahdol-

lisimman ajankohtaisia sekä tutkittavan ilmiön ja tutkimuskysymyksiä vastauksien kannalta mahdollisimman tarkoituksenmukaista aineistoa, jolla voidaan täyttää tapaustutkimuksen laadulle asetut tavoitteet. (Tuomi 2018, 150-151.)

Tiedonkeruu toteutettiin teemahaastatteluiden osalta osallistujien suostumukseen perustuen keräämällä tietoa käydyistä haastatteluista tehtyjen tallenteiden avulla. Varsinaisten tallenteiden sisältöanalyysi ja tuloksien käsittely suoritettiin hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti sisällyttämällä aineistoon rehellisesti kaikki olennainen tutkittavaan aiheeseen liittyvä tieto, joka tiivistettiin osana sisältöanalyysiä tutkimustuloksiksi tutkijan toimesta yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta noudattaen. (Tuomi 2018, 150.) Kerätyn tutkimusaineiston osalta henkilötietoja ei liitetty osaksi tutkimusta, koska henkilötiedot eivät olleet olennaisia tutkimuksen kannalta. Henkilötiedot korvattiin tunnuksilla, jotta tutkimukseen osallistuneita eri yhtiöitä edustavia yksityishenkilöitä ei voida tunnistaa tutkimusraportista. Tunnukset tutkimuksessa käytettävien henkilöiden osalta määriteltiin tutkimusryhmän roolituksen mukaisesti jakamalla tunnuksia palveluntuottajien sekä tilaajan osapuolten roolien mukaisesti. Tämä määritely jako oli perusteltua, jotta tutkimusaineiston tulokset antavat mahdollisimman selkeän ja luotettavan kuvan tutkimustuloksista sekä niihin johtaneesta prosessista eri tutkimukseen osallistuneiden tahojen välillä. (Tuomi 2018, 156.)

Tutkimus suoritettiin kokonaisuudessaan tutkimuseetiikan osalta perustuen Tutkimuseettisen neuvottelukunnan laatimiin ohjeisiin sekä käytäntöihin tutkimuseetiikan osalta, koskien tutkimuskohteenä olevia henkilöitä sekä henkilöihin liittyvien tietojen käsittelyä. Ohjeistuksessa esitetään seikkaperäisesti ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet sekä toimintaohjeet tutkimuksessa suoritettavien toimien sekä tiedonkäsittelyn osalta. (Neuvottelukunta 2022.)

8 Johtopäätökset

Tapaustutkimuksen tutkimustulokset osoittavat, että huolellisesti laaditulla laskentaohjeella yhdistettynä koneluettavaan tulosraportointi pohjaan voidaan tuottaa määrämuotoisia elinkaariarviointi tuloksia, jotka mahdollistavat myös laskelmista ohjeistuksien perusteella syntyvän tiedon tehokkaan jatkohyödyntämisen. Tapaustutkimuksen tutkimustuloksena muodostuneen toimintatavan ja määrämuotoisen raportoinnin tuloksia tullaan hyödyntämään jatkossa valtakunnallisesti S-ryhmän uudisrakennushankkeiden päästökehityksen seurantaan sekä tuottamaan tie-

toa vähähiilistä toteutusratkaisusta. Vähähiiliset toteutusratkaisut kerätään ensi vaiheessa tietopankkiin jo valmistuneista kohteista, joiden perusteella jatkossa voidaan ohjata tulevia hankkeita toteumatietoihin perustuen. Määrämuotoinen rakennushankkeiden elinkaariarviointien laskenta, joka perustuu ympäristöministeriön luonnosversiona julkaistuun arviointimalliin, mahdollistaa jatkossa myös uudisrakennushankkeiden laskentatuloksien arvioimisen verrattuna samalla menetelmällä lähitulevaisuudessa laskettavaan lakisääteiseen raja-arvoon, jolla tullaan arvioimaan lähivuosina täyttääkö rakennus sille asetettavat päästövaatimukset (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos).

Tapaustutkimuksen aikana keskeinen havainto oli myös, että päästötöntä sähköä käyttävien rakennuksien osalta ympäristöministeriön arviointimallia käytettäessä on suositeltavaa laskea myös vertailulaskelma perustuen todellisiin päästökertoimiin, YM:n arviointimallin ohjeistuksen tuottamien tuloksien lisäksi (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Laskentatulokset osoittivat erotuksen olevan merkittävä vertailulaskelman sekä YM:n arviointimallilla suoritettun laskelman tuottamien tuloksien välillä sekä kokonaisuutena, että yksittäisen elinkaari-vaihe B6 energiankäytön osalta tuloksia tarkasteltaessa (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Tämä on olennaista tunnistaa, jotta laskentatuloksista voidaan tehdä mahdollisimman todenmukainen päätelmä kohteeseen sitoutuvien päästöjen osalta. Olennaista on myös tehdä näkyväksi mitä tietoja on käytetty energiankäytön laskennassa, joilla tulokset on muodostettu. Tämä on keskeistä, jotta laskentatuloksia analysoitaessa voidaan esimerkiksi asiaa tarkemmin arvioitaessa suodattaa laskentatiedon tietolähteen luotettavuuden perusteella tuloksia. Vastaava periaate pätee myös kaukolämpöä lämmönlähteenään käyttävien rakennuksien osalta, joissa laskelma on mahdollista toteuttaa osassa kohteita todelliseen kohdekohtaisen kaukolämmön päästökehitys skenaario tietoon pohjautuen tai vaihtoehtoisesti tiedon puuttuessa YM:n arviointimallin mukaisella päästökehitys skenaariolla (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Molemmilla tavoilla saadaan muodostettua päästöarvo kaukolämmön käytöstä rakennuksen elinkaaren aikana. Tapaustutkimuksen laskelmien tuloksista kuitenkin havaittiin, että YM:n arviointimallin mukainen skenaario tuottaa verrattain konservatiiviset laskentatulokset verrattuna kohteisiin, joissa päästökerroin oli käytettävissä kyseisen kohteen kaukolämpöyhtiön osalta. Tämä kuvastaa konkreettisesti tutkittavaan ilmiöön liittyviä laskentamalleja sekä vaikutuksia, joita syntyy käytännössä eri tarkkuudella eri kohteissa käytettävissä olevien lähtötietojen perusteella. Tapaustutkimuksen tuloksia voidaan käyttää yksittäisen kohteen

osalta esimerkkinä, joka esittää millaiset tulokset saadaan laskelmista kahden eri palveluntuottajan tekemän laskelman osalta ympäristöministeriön arviointimallilla, joka pohjautuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään sekä aiheeseen liittyviin EN-standardeihin laskelman tulosraportilla ilmenevillä lähtötiedoilla (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos).

Tapaustutkimuksen laskentatuloksien tarkkuutta arvioitaessa tutkimuksen julkaisu ajankohtana on tilanne reaali maailmassa kehittyvä. Tapaustutkimuksessa käytetty arviointimalli on vielä luonnosvaiheessa viralliseen käyttöön julkaisematta sekä samanaikaisesti päästötietokannan sisältämät tuotetiedot päivittyvät jatkuvasti (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Tämä asetelma aiheuttaa tulevien laskelmien välille muuttuvan toimintaympäristön vuoksi tilanteen, jossa kahden sisällöltään samanlaisen kohteen tuloksia ei voida yksiselitteisesti verrata toisiinsa ilman, että edellä kuvattujen muuttujien vaikutusta otetaan huomioon tuloksien vertailussa. Elinkaariarviointien tulokset käytännössä tarkentuvat jatkuvasti ajan myötä tuotteiden (EPD) ympäristöselosteiden yleistyessä tuottaen tarkkaa sekä luotettavaa tietoa erilaisten tuotteiden koko elinkaaren aikana syntyvien päästöjen osalta. Nykyisen ympäristöministeriön vähähiilisyden arviointimenetelmän luonnoksen päivittyessä viralliseksi arviointimenetelmäksi on myös todennäköistä, että menetelmän sisältöön tulee vielä muutoksia (YM rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä 2021 luonnos). Edellä kuvatut muuttujat tulevat S-ryhmän ulkopuolelta annettuina tekijöinä sovellettavaksi elinkaariarviointeihin, mutta osaltaan tuloksien tarkkuuteen voidaan vaikuttaa myös työn tilaajana ohjaamalla kohteen toteutussuunnittelua tavalla, joka tuottaa tarvittaessa tietomallin määrälaskenta käyttötarkoitusta varten. Tapaustutkimuksen aikana asiaa selvitetiin ja selvityksen lopputulemana kuitenkin todettiin, että vaikka määrälähde saataisiin omalla toiminnalla vakioitua aiheuttavat tästä huolimatta edellä kuvatut toimintaympäristön muutokset arviointimallien sekä tuotetietojen kehityksen osalta niin paljon hajontaa laskentatuloksien osalta, että ei ole vielä mielekästä tässä vaiheessa määritellä määrälaskentaa vaadittavaksi kaikkien hankkeiden toteutuksien osalta pelkästään elinkaariarviointi käyttötarkoitusta varten. Tässä tilanteessa määrälaskenta ei yksinään tuottaisi täysin vertailukelpoisia tuloksia laskentojen välillä. Näistä syistä myös todettiin, että oma ohjeistus laskennan tekijöille sekä määrämuotoinen raporttipohja ovat ensi vaiheessa tarkoituksenmukaisin tapa käsitellä aihetta, jolla muuttuva toimintaympäristö voidaan hallita kokonaisuutena. Käsitelytapa mahdollistaa lisäksi verrattain helposti tarvittaessa ohjeiden sekä tulosraportointi pohjan muokkaamisen aineiston ollessa tilaajan omaa tuotantoa. Tämä on keskeistä, jotta tuloksia voidaan jatkossa luotettavasti raportoida eteenpäin sekä tulkita

ja myös verrata S-ryhmän ulkopuolisiin tuloksiin tulevina vuosina aina ajantasaiseen tietoon perustuvilla laskentaohjeilla tuotetuilla tuloksilla. Omat laskentaohjeet sekä raportointi pohja myös mahdollistavat S-ryhmän omista lähtökohdista tarvittavat päivitykset tulevaisuudessa tarpeen mukaisesti huomioiden laskentamallien sekä tuotetietojen muutokset tulevina vuosina.

Tapaustutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa havaitaan, että tapaustutkimuksen tuottama aineisto muodostaa selkeät tulokset, joiden osalta voidaan muodostaa luotettava tilannekuva erilaisten uudisrakennushankkeiden sisältöihin liittyvistä merkittävimmät päästövaikutukset aiheuttavista rakennusosista sekä elinkaarivaiheista. Tapaustutkimuksen kohteessa selkeästi muita elinkaarivaiheita merkittävimmät päästövaikutukset aiheutuivat elinkaarivaiheista ennen rakennuksen käyttöä tuotevaiheen (A1-A3) päästöistä sekä rakennuksen käytön aikaisesta elinkaarivaiheesta energiankäyttö (B6). Laskentaohjeiden tuottamien tuloksien voidaan arvioida olevan tältä osin myös luotettavia, koska vastaavat havainnot on tehty vähähiilisen rakentamisen oppaissa, joissa kyseiset kaksi elinkaarivaihetta esitetään korkeimmat päästöt omaavina yksittäisinä elinkaarivaiheina pois lukien kylmät varasto- ja lämmittämättömät sekä valaisemattomat tilat, kuten varasto ja pysäköintirakennukset, joista tässä laskennassa ei ollut kyse. (Häkkinen 2020, 104; Keskiälo 2020, 28.)

Tuloksista ilmenee lisäksi, että rakennusosa ja tuotetason tuloksissa erottuvat merkittäviä päästöjä sisältävinä rakennusosina tapaustutkimuksen kohteen osalta rakennuksen ylä- ja alapohjarakenteet, joiden valmistuksessa on käytetty runsaasti betonia ja terästä. Tuloksen voidaan arvioida olevan myöskin tältä osin luotettava, koska myös tapaustutkimuksen tiedonhaun perusteella tietoperustaan valitut aiheeseen liittyvät julkaisut sekä kansainvälinen vertaisarvioitu tutkimus esittävät tutkimustuloksissaan teräksen olevan rakennusalalla yleisesti käytettävissä olevista rakennusaineista yksi merkittävimpiä päästöjä aiheuttava materiaali, jota usein tutkimuksissa verrataan tutkitusti vähähiilisenä materiaalina tunnettuun puuhun. Tapaustutkimukset myös osoittavat, että kevyempi puurunkoinen rakennus verrattuna raskaaseen betonirunkoiseen rakennukseen on päästövaikutuksiltaan lähes puolet betonirunkoista rakennusta pienempi. (Al-Obaidy 2021, 12-13; Häkkinen 2020, 24.)

Tulevaisuudessa vähähiilisempiä rakennushankkeita voidaan päästötahokkaiden tuotteiden sekä tarkoituksenmukaisen laajuuden lisäksi edelleen kehittää hyödyntämällä toteutuksissa enemmän

jo kertaalleen toisessa kohteessa käytettyjä purettuja rakenteita. Laskennallisesti toisesta kohteesta puretun kierrätetyn tuotteen päästöarvo on nolla, joka osaltaan laskee kohteen hiilijalanjälkeä verrattuna uudisrakennushankkeeseen, jossa kaikki tuotteet toimitetaan uutena kohteeseen asennettavaksi. Lyhyen ja pitkän aikavälin hiilitaseen hallintaan pyrkivän rakennustoiminnan tulisivat nykyistä kattavammin hyödyntää tätä mahdollisuutta jatkossa. Käytännön ongelmia vielä tässä vaiheessa kattavammalle toisesta kohteesta purettujen rakenteiden käytölle uudisrakennushankkeessa asettavat reunaehdot uudelleenkäytölle, jossa käytettävät materiaalit tulee rakennuspaikkakohtaisesti varmentaa. Tämä tarkoittaa käytäntöä, jossa tarkastetaan kyseisen tuotteen soveltuvuutta aiottuun käyttöön esimerkiksi erillisellä testillä joka osaltaan edellyttää, että erilaisten tuotteiden soveltuvuuden osoittamiselle tulisi määritellä käytännöt, joita vielä toistaiseksi ei ole määritelty. Käytäntöjen puute siis vielä toistaiseksi estää Suomessa laajamittaisen rakennusosien uudelleenkäytön, johon kuitenkin parhaillaan kehitetään materiaalien todentamisen, varmentamisen sekä kelpoisuuden osoittamisen osalta uusia menetelmiä sekä menettelytapoja ja ohjeita, joilla rakennusosien uudelleen käyttöä voitaisiin laajamittaisesti hyödyntää jatkossa. (Ying Zhu 2022; Al-Obaidy 2021, 13.)

Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusaiheena olisi perusteltua tutkia tapaustutkimuksen tuottamien ohjeistuksien laskentatuloksia ja selvittää, kuinka luotettavia tuloksia ohjeistuksen mukaisesti tehdyt elinkaarilaskelmat tuottavat vertaamalla todellisia kohteita toisiinsa elinkaarivaiheittain sekä kokonaispäästöjen osalta neliöperusteisten vertailuyksiköiden avulla. Käyttötarkoitukseltaan vastaavien kohteiden vertailussa tulisi huomioida, että merkittävimmät päästöjä aiheuttavat komponentit ovat toisiaan vastaavat vertailtavissa kohteissa esimerkiksi rakenteelliset pilari- ja palkkirakenteet puu- / teräs- materiaali, alapohjarakenteet esimerkkinä ontelolaattaelementeistä toteutettuna sekä myös taloteknisen järjestelmän lämmönlähteen ja toteutuksen osalta vastaavat kohteet, joista esimerkkinä lämmönlähteenä kaukolämpö yhdistettynä lämpöpumpputekniikalla toteutettuihin energiankierrätysratkaisuihin. Tutkimus tuottaisi konkreettista tietoa laskentatuloksien luotettavuudesta. Tapaustutkimuksen tuottama aineisto mahdollistaa myös vertailujen tekemisen esimerkiksi rakenne- ja rakennusosa perusteella tuloksia suodattaen, joka osaltaan mahdollistaa myös tutkimuksen päästöt tehokkaimpien toteutuksien osalta erilaisten rakenteiden rakennusosa tasolla. Tutkimustu-

lokset tukisivat suunnittelunohjaus vaihetta jatkossa, jolloin tutkimustuloksiin viitaten olisi mahdollista täsmällisemmin ohjata hankkeen suunnittelua jo hankesuunnitteluvaiheesta alkaen muodostamalla hankkeen sisältö ja vähähiiliset tavoitteet perustuen toteutustiedoista kerättyihin vastaavien rakennusten rakennusosien päästötehokkaimpiin ratkaisumalleihin, joiden laskenta on suoritettu pääosin luotettavimpiin (EPD) tuotetietoihin perustuen.

Tämän tapaustutkimuksen tuottamien laskenta- sekä raportointiohjeiden tarkoitus on jatkossa tuottaa määrämuotoista tietoa rakentamisen päästöistä sekä merkittävimmistä päästöjä aiheuttavista osatekijöistä. Tulevaisuuden näkymä on, että kaupparyhmälle muodostuu laskelmien tuottaman tiedon myötä tietopankki, jonka tietosisällön perusteella tulevien hankkeiden käytössä on Power BI raportointi työkalun avulla käytettävissä monipuolista vertailutietoa päästötehokkaimmista toteutuksista. Toteutustiedoista ilmenee kokonaispäästöt sekä rakennuksen päästöt jaoteltuna rakennusosa sekä tuotetasoille. Nykyinen raportointi ei kuitenkaan selvitä elinkaarikustannuksia. Tämä olisi yksi luonnollinen jatkotutkimusaihe, jonka toteuttaminen antaisi nykyisten käytäntöjen tuottamien päästötietojen lisäksi tiedon kuinka paljon rakennuksen elinkaaren aikana sekä rakennuksen eri elinkaarenvaiheissa tulee jatkossa laskelman perusteella syntymään kustannuksia. Tyypillisempien kohteiden arviointi päästöjen lisäksi Life Cycle Costing -menetelmä (LCC) antaisi aiempaa kokonaisvaltaisemman näkymän rakennushankkeen elinkaaresta kokonaisuutena sisältäen LCC-menetelmän myötä myös elinkaarikustannukset. Elinkaarikustannus tietous parantaisi entisestään rakennushankkeen investointipäätöstä varten tehtävän budjetoinnin luotettavuutta sekä kaupparyhmän kiinteistöihin budjetoitavan rahan ennustettavuutta myös pitkällä aikavälillä. Tapaustutkimus olisi yksi mahdollinen lähestymistapa, jolla kaupparyhmän tyypillisimpiä toteutuksia voitaisiin tutkia määrälaskenta mallin avulla käyttötarkoitukseltaan sekä toteutustavoiltaan ja laajuudeltaan yhtenevien kohteiden osalta määrittämällä tutkimuskohteiksi yksittäiset tyypilliset kohteet kiinteistötyypeittäin, joista määrälaskenta mallin avulla suoritettaisiin elinkaariarviointi sisältäen myös elinkaarikustannukset.

9 Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tapaustutkimuksen hiilijalanjälkilaskentojen yhteydessä työn toimeksiantajalle parhaiten soveltuvia käytäntöjä, joiden mukaisesti jatkossa toimien hiilijalanjälkilaskelmat tuottavat mahdollisimman yhteismitallisia ja täten vertailukelpoisia tuloksia. Tapaustutkimuksessa esitetyt tulokset sisältävät uudisrakennushankkeiden sisältöjen osalta kaikki merkittävimmät päästöjä aiheuttavat osatekijät sekä tulosten raportoinnin määrämuotoisesti koneluettavassa muodossa. Lähitulevaisuudessa kehitystyö vähähiilisten toteutuksien osalta tulee jatkumaan ja tapaustutkimuksen tuottamiin tietoihin perustuen on tarkoitus jatkokehittää elinkaari-laskelmista tuotettujen tietojen tehokasta jatkohyödyntämistä kehittämällä raportointia aiheeseen liittyen, joka osaltaan mahdollistaa lähitulevaisuudessa tietojen hyödyntämisen tulevisissa toteutuksissa sekä ajantasaisen päästökehityksen seurannan.

Vähähiiliseen rakentamiseen liittyvien käytäntöjen kehittäminen on välttämätöntä ympäristön lämpenemisen hillitsemiseksi. Ilmaston lämpeneminen ja potentiaalisen ilmastokriisin välttäminen vaatii kaikilta toimialoilta määrätietoista otetta aihepiirin osalta, jotta käytännöt vakioituisivat osaksi kaikkien rakennushankkeiden arkea. Tämä tutkimus osaltaan edistää vähähiilisen rakentamiseen liittyviä käytäntöjä lähestymällä aihetta tietopankki periaatteella, jossa kerätään tietoa toteutuneiden kohteiden päästövaikutuksista. Kuvattu lähestymistapa valittiin, koska haluttiin selvittää jo toteutuneiden kohteiden päästövaikutuksia ja arvioida tuloksien perusteella kuinka vähäpäästöisiä toteutukset nykyisellään ovat sekä lisäksi löytää samassa yhteydessä käytännössä toimivaksi todettuja vähäpäästöisiä toteutusratkaisuita. Tämä lähestymistapa oli myös kustannustehokas tapa toteuttaa elinkaariarviointi, koska laskentaa ei ollut tarpeen suorittaa monessa eri vaiheessa. Valitulla toimintaperiaatteella oli mahdollista suorittaa elinkaariarviointi yhdellä laskelmalla kohteen valmistumisen jälkeen kohteen lopullisilla laajuustiedoilla ja energiatodistuksen energiaselvitystä tarkemmilla lähtötiedoilla. Tapaustutkimuksen aikana myös tunnistettiin, että valittu toimintatapa ei anna vastauksia parhaillaan käynnissä olevien hankkeiden vähähiilisiin tavoitteisiin liittyviin hankeselvitys- ja suunnitteluvaiheessa tarvittaviin tietotarpeisiin. Tästä syystä kyseiset hankkeet on ohjeistettu tekemään tarvittavat hanke- ja suunnitteluvaiheen elinkaari-laskelmat erillisen ohjeistuksen mukaisesti kyseisten hankkeiden omista lähtökohdista kappaleessa viisi esitetyissä vaiheissa, joilla hankkeita voidaan ohjata tarkoituksenmukaisesti kohti vähähiilisiä lopputuloksia. Tapaustutkimuksen osalta työ rajattiin käsittelemään koko S-ryhmän kannalta kes-

keisintä tietoa toteutuksista ja täten tulosraportointi malli (LIITE 4) ja elinkaarilaskentojen suorittaminen on perusteltua toteuttaa tässä yhteydessä aiemmin kuvatulla tavalla hankkeen valmistuksessa.

Jatkossa tapaustutkimuksen tuottaman ohjeen käyttö lukuisissa elinkaarilaskelmissa tuottaa tarvittavaa vertailutietoa. Tätä tietoa tullaan hyödyntämään tulevien kohteiden hanke- ja suunnitteluvaiheissa, joissa tietoa voidaan hyödyntää tutkimalla käyttötarkoitukseltaan vastaavien kohteiden toteutuksissa käytettyjä vähäpäästöisimmät tulokset saavuttaneita suunnitelmaratkaisuita. Tämä menettely mahdollistaa lähitulevaisuudessa hankesuunnitteluvaiheessa toteumatietoihin perustuen tehtävän hankkeen sisällön ja tavoitteiden määrittämisen, jossa kiinnitetään erityistä huomiota merkittävimmät päästövaikutukset aiheuttavien rakennustuotteiden valintaan valitsemalla vähäpäästöisimmät käytännössä toimivaksi todetut ratkaisut hyödynnettäväksi erilaisten kauppa-, ravintola-, hotelli-, liikennemyymälä sekä logistiikka- ja varastointiin liittyvien rakennushankkeiden tarpeisiin. Rakennuttamistoiminnan kohteena olevat uudisrakennushankkeet ja hankkeiden toteutuksen elinkaaren ajalle sitoutuvien ilmastovaikutuksien hallinta edellä kuvatulla toteumatietoon perustuvalla tavalla on yksi olennainen osatekijä koko kaupparyhmän kestävä kehityksen strategiaa, jossa opitaan tunnistamaan mistä juuri omaan toimintaan rakennutettavien rakennushankkeiden päästöt koostuvat, jolloin tietoon perustuen hankkeita voidaan ohjata tarkoituksenmukaisesti jatkossa saavuttaen hankkeelle asetetut tavoitteet sekä myös tulevan säännösohjauksen kautta hankkeisiin sovellettavat reunaehdot rakennuksen vähähiilisen toteutuksen osalta.

Lähteet

- Aaltola, A. G.-K. (2001). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1*. Jyväskylä: Chydenius-Instituutti.
- Al-Obaidy, M. S. (2021). *Assessment of the circularity and carbon neutrality of an*. IOP Publishing LTD.
- EU. (1. 8 2022). *Euroopan vihreän kehityksen ohjelma*. Noudettu osoitteesta https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi#thematicareas
- EU. (1. 8 2022). *Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen: kansalliset tavoitteet vuodeksi 2030*. Noudettu osoitteesta <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180208STO97442/eu-maiden-kansalliset-paastovahennystavoitteet>
- EU. (31. 7 2022). *Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä?* Noudettu osoitteesta <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>
- Hurme, S. H. (2000). *TUTKIMUSHAASTATTELU, Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Häkkinen, T. K. (2020). *Kohti vähähiilistä rakentamista - Opas arviointiin ja suunnitteluun*. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kananen, J. (2013). *Case-tutkimus opinnäytetyönä*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kansalliskirjasto. (31. 7 2022). *Suomalainen asiasanasto ja ontologiapalvelu*. Noudettu osoitteesta <http://finto.fi/fi/about>
- Keskisalo, M. M.-a. (2020). *Opas rakennushankkeiden päästöjen hallintaan*. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Laine, B. &. (2007). *TAPAUSTUTKIMUKSEN TAITO*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press Oy Yliopistokustannus, HYY Yhtymä.
- Laurila, A. (2021). *Vähähiilisen rakennuttamisen prosessin kehitys, Diplomityö*. Espoo: Aalto-yliopisto.
- Lu, W. T. (2020). *A holistic review of research on carbon emissions of green building construction industry*. Emerald Publishing Limited.
- Neuvottelukunta, T. (14. 8 2022). *Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa*. Noudettu osoitteesta Tutkimuseettisen

neuvottelukunnan ohje 2019: https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakkoarvioinnin_ohje_2020.pdf

Pyrhönen, J.-K. (2019). *Hankekehitys ja suunnitteluvaihe vähähiilisessä rakentamisessa, Diplomityö*. Espoo: Aalto-yliopisto.

Rakennustieto. (31. 7 2022). *Rakennustieto RTS-EPD-ympäristöseloste*. Noudettu osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/ymparistopalvelut/rts-epd-ymparistoseloste>

Saaranen, K. &. (29. 7 2022). *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja, 4.2.2 Tutkimuspäiväkirja*. Noudettu osoitteesta https://www.fsd.tuni.fi/metelmaopetus/kvali/L4_2_2.html

S-ryhmä. (29. 7 2022). *Hiilinegatiivinen 2025*. Noudettu osoitteesta <https://s-ryhma.fi/uutiset/puheenaiheet/ilmasto>

SYKE, S. Y. (17. 8 2022). *Rakentamisen päästötietokanta*. Noudettu osoitteesta [co2data.fi: https://co2data.fi/](https://co2data.fi/)

Tuomi, J. S. (2018). *LAADULLINEN TUTKIMUS JA SISÄLLÖNANALYYSI*. Helsinki: Tammi.

Valtioneuvosto. (1. 8 2022). *Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035*. Noudettu osoitteesta <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

Vilkka, H. (2015). *Tutki ja kehitä*. Jyväskylä: PS-kustannus.

Ying Zhu, K. T. (13. 8 2022). *POLICY BRIEF 2022:20. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa*. Noudettu osoitteesta <https://tietokayttoon.fi/documents/113169639/113170760/20-2022-Rakennusosien+uudelleen%C3%A4yt%C3%B6n+edellytykset+Suomessa.pdf/97a2a7cf-287a-b56d-384d-054332b23387/20-2022-Rakennusosien+uudelleen%C3%A4yt%C3%B6n+edellytykset+Suomessa.pdf?version=1.0&t=1>

Ympäristöministeriö. (2019). *Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä*. Helsinki: Ympäristöministeriö. Noudettu osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

Ympäristöministeriö. (2019). *Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa, TALO-hankkeen loppuraportti*. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (28. 7 2022). *Vähähiilisen rakentamisen tiekartta*. Noudettu osoitteesta <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Ympäristöministeriö, 2. (2021). *Arviointimenetelmä 2021 lausuntokierrokselle*. Helsinki: Ympäristöministeriö. Noudettu osoitteesta <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>

Liitteet

Liite 1. Elinkaarivointitulokset

1. KOHTEEN KOKONAISHILJALANJÄLKI RAKENNUKSEN ELINKAAREN AIKANA (50-vuotta)										
PALVELUNTUOTTAJA (A)		KESKIARVO		PALVELUNTUOTTAJA (B)						
19,2	kgCO ₂ e/m ² /a	19,9	20,6	kgCO ₂ e/m ² /a						
13,3	kgCO ₂ e/m ² /a (S-malli)	14,1	14,8	kgCO ₂ e/m ² /a (S-malli)						
2. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET ELINKAARIVAIHEITTAIN										
PALVELUNTUOTTAJA (A)		Erutus		PALVELUNTUOTTAJA (B)						
Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi		
A1-A3	Valmistus	IFC-malli	6,96	0,67	A1-A3	Valmistus	IFC-malli	7,63		
A4	Kuljetus työmaalle	SYKE taulukkoarvo	0,25	-0,04	A4	Kuljetus työmaalle	SYKE taulukkoarvo	0,21		
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	IFC-malli	0,17	0,02	A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	IFC-malli	0,19		
A5	Uudisrakennustyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo	1,63	0,00	A5	Uudisrakennustyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo	1,63		
B1	Karbonisaatio	IFC-malli		0,00	B1	Karbonisaatio	IFC-malli			
B2	Ei käytössä			0	B2	Ei käytössä				
B3-B4	Ei käytössä			0	B3-B4	Ei käytössä				
B4	Rakennusosien vaihto	SYKE taulukkoarvo	1	1,10	B4	Rakennusosien vaihto	SYKE taulukkoarvo	2,1		
B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD		0,00	B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD			
B5	Ei käytössä			0	B5	Ei käytössä				
B6	Energian käyttö (YM)	E-todistus	8,51	0,00	B6	Energian käyttö (YM)	E-todistus	8,51		
B6	Energian käyttö (S-laskentamalli)	S-malli	2,68	0,00	B6	Energian käyttö (S-laskentamalli)	S-malli	2,68		
C1	Purkutyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo		0,00	C1	Purkutyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo			
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn	SYKE taulukkoarvo	0,2	-0,01	C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn	SYKE taulukkoarvo	0,19		
C3-4	Päästövaikutukset käytön jälkeen ja loppusijoitus	SYKE taulukkoarvo	0,18	0,00	C3-4	Päästövaikutukset käytön jälkeen ja loppusijoitus	SYKE taulukkoarvo	0,18		
3. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSSITAIN										
(Laskennan sisällön osalta merkittävimmät sekä jäljelle jäävien rakennusosien päästövaikutusten summa. Rakenne ja rakennusosat Talo-2000 termistön mukaaisesti)										
PALVELUNTUOTTAJA (A)		Erutus		PALVELUNTUOTTAJA (B)						
Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määrittiedon lähde	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi
1	Alapohjat	1221 Alapohjalaaat	IFC-malli	1,88	0,08	1	1220 Alapohjat		IFC-malli	1,80
2	Runko	1237 Yläpohjat	IFC-malli	1,47	0,13	2	1236 Runko: Yläpohjat		IFC-malli	1,34
3	Runko	1233 Pilarit	IFC-malli	0,84	-0,16	3	Ei määritelty		IFC-malli	1,00
4	Julkisivut	1241 Ulkoseinät	IFC-malli	0,79	0,01	4	1241 Julkisivut: Ulkoseinät		IFC-malli	0,78
5	Luokittelemattomat rakenteet	1354 Talotekniikan elementit	IFC-malli	0,62	-0,10	5	1350. Tilaelementit		IFC-malli	0,72
6	Julkisivut	1242 Ikkunat	IFC-malli	0,47	0,07	6	1235 Runko: Väliopohjat		IFC-malli	0,40
7	Runko	1234 Palkit	IFC-malli	0,45	0,08	7	1242 Julkisivut: Ikkunat		IFC-malli	0,37
8	Runko	1235 Väliopohjat	IFC-malli	0,35	0,06	8	2110. Lämmitysjärjestelmät		IFC-malli	0,29
9	Väliseinät	1311 Väliseinät	IFC-malli	0,32	0,03	9	1234 Runko: Palkit		IFC-malli	0,29
10	Rakennusten perustukset ja vedenpoist	1211 Anturat	IFC-malli	0,14	-0,12	10	1211 Perustukset: Anturat		IFC-malli	0,26
11	Runko	1236 Runkoportaat	IFC-malli	0,13	-0,09	11	1233 Runko: Pilarit		IFC-malli	0,22
12	Rakennusten perustukset ja vedenpoist	1212 Perusmuurit, -pilareet	IFC-malli	0,12	-0,09	12	1121 Tuennat ja vahvistukset: Paalut		IFC-malli	0,21
13	Väliseinät	1315 Väliovet	IFC-malli	0,02	-0,15	13	1212 Perustukset: Muurit/pilarit/palkit		IFC-malli	0,17
14	Julkisivut	1243 Ulko-ovet	IFC-malli	0,02	-0,14	14	1232 Runko: Kantavat seinät		IFC-malli	0,16
15	Luokittelemattomat rakenteet	Muu rakennusosa	IFC-malli	1,64	1,54	15	1231 Runko: Väestönsuojat		IFC-malli	0,1
16					-0,10	16	1110 Maatyöt		IFC-malli	0,097
17					-0,10	17	1311 Väliseinät: Väliseinät		IFC-malli	0,097
18					-0,02	18	1316 Väliseinät: Erityisovet		IFC-malli	0,02
19					-0,01	19	1315 Väliseinät: Väliovet		IFC-malli	0,01
20					-0,01	20	1243 Julkisivut: Ulko-ovet		IFC-malli	0,006

4. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSIEN (3) VALMISTUKSEEN KÄYTETTYJEN TUOTTEIDEN (ONECLICK RESURSSIEN) OSALTA

PALVELUNTUOTTAJA (A)					Erotus Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	PALVELUNTUOTTAJA (B)					
Rakennusosa 1	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)		Rakennusosa 1	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
	Ontelolaattalementti	265	0,94	EPD	0,10	Resurssi 1	Ontelolaatta, 265 mm, 350 kg/m2		1,02	SYKE	AP
Resurssi 1						Resurssi 2	Betoni, C30/37, XF1, 2297 kg/m3		0,6	SYKE	
Resurssi 2	Betoni (pintalaatta)	100	0,63	SYKE		Resurssi 3			0,12	EPD	
Resurssi 3	EPS-eriste		0,22	SYKE		Resurssi 4	EPS insulation panels,				
Resurssi 4	sora		0,1	SYKE		Resurssi 5					
Resurssi 5	suodatinkangas		0,01			Resurssi 6					
Resurssi 6						Resurssi 7					
Resurssi 7						Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus			0,06		
Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X				X	X				
PALVELUNTUOTTAJA (A)					Erotus Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	PALVELUNTUOTTAJA (B)					
Rakennusosa 2	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)		Rakennusosa 2	Tuotekuvas	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
	Ontelolaatta	200	0,81	EPD	0,11	Resurssi 1	Ontelolaatta	200	0,66		YP
Resurssi 1						Resurssi 2	EPS-eriste,	330	0,27		
Resurssi 2	EPS-eriste	330	0,28	SYKE		Resurssi 3					
Resurssi 3	Bitumi		0,16	SYKE		Resurssi 4					
Resurssi 4	Lec3-sora		0,1	EPD		Resurssi 5					
Resurssi 5	Kattotuolit		0,03	EPD		Resurssi 6					
Resurssi 6	rakennuslevyt		0,03			Resurssi 7					
Resurssi 7	teräsosat		0,02			Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus			0,41		
Muiden rakennusosan resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X				X	X				

Liite 2. Uudisrakennushankkeen elinkaariarvioinnin ohjeistus laskelman tekijälle



YLEISTÄ ELINKAARIARVIONNISTA

- Tämä ohjeistus toimii elinkaariarvointia suorittavalle taholle ohjeena, jonka tarkoitus on tuottaa työn toimeksiantajalle tarvittavat tiedot rakennushankkeen arvioinnin osalta määrämutoisena, jotta jatkossa tietoja voidaan hyödyntää tehokkaasti S-ryhmän kiinteistöjohtamisen sekä Kiinteistöässään uudisrakennushankkeiden osalta kaupparyhmän sekä hankkeiden vähähiiliseen rakentamiseen liittyvien tietotarpeiden osalta.
- Ohjeistus esittää toimeksiantajan laatiman elinkaariarvointi laskentamallin, joka on laadittu **Ympäristöministeriön 2021 arviointimenetelmän** pohjalta koekäyttöön julkaistun luonnosversion osalta. Laskelma toteutetaan käytännössä kokonaisuudessaan Ympäristöministeriön mallilla kaikkien elinkaarivaiheiden osalta, **jonka lisäksi S-ryhmän erityispiirteet energiankäytön osalta otetaan huomioon laskelmassa elinkaarivaihe B6 osalta erillisen ohjeen mukaisesti.**
- Energiankäytön osalta tehtävä vertailulaskelma on perusteltua, jotta elinkaariarvioinnin tuloksista saadaan todennukaisempi kokonaiskuva, jossa on huomioitu S-ryhmän kohteissa käytössä oleva päästötön sähköenergia sekä energiatehokkaat toteutusmallit, jotka ilman vertailulaskelmaa mahdollisesti vääristäisivät laskelman lopputuloksesta tehtäviä päätelmiä.



ELINKÄÄRIARVIONNIN MÄÄRÄLASKENTA

- Määrälaskenta suoritetaan rakennetun kohteen toteutussuunnitelmista rakennuskohteen valmistuksessa laadittujen loppukuvien IFC-muodossa olevien tietosisältöjen perusteella sekä rakennetyyppi suunnitelmien raudat huomiointi! MUOKKAA
- Suunnitelma-aineisto: projektipankkiin talletettu ARK- / RAK-suunnitelmat: IFC- sekä pdf-formaateissa
- Projektipankkiin tarvittavat tunnukset / käyttöoikeudet avaa kohteen projektipäällikkö toimeksiannon yhteydessä.
- Projektipankin aineisto sisältää minimissään seuraavat asiat:
 - ✓ Kohteen yleiset tiedot
 - ✓ Koko kohteen kerrosala (m2)
 - ✓ Rakennuspaikan pinta-ala (m2)
 - ✓ IFC-tiedosto muodossa rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat sekä lisäksi määrälaskenta tiedot mikäli tietoja käytettävissä.
 - ✓ Maan yläpuolisten kerrosten lkm
 - ✓ Energiatodistus (kaukolämmön ja sähkönkulutus tiedot / lämmitetty nettoala (m2))
 - ✓ EPD-tietoja niittä osin kun tuotteista on saatavilla
 - ✓ Rakennetyypit (AP, VP, YP, US)



ELINKAARIARVIOINNINSSA KÄYTETTÄVÄT VAKIOARVOT & LASKENTAOHJELMA

- Rakennusvaiheen kesto: 2 vuotta
- Käyttöaika: 47 vuotta
- Purku: 1 vuosi
- Elinkaari: 50 vuotta
- Laskentaohjelma: OneClick LCA



ELINKKAARIVIOINNINSSA KÄYTETTÄVÄT TIEDOT & ENSISIJAJÄRJESTYS

Rakennustuotteet

1. EPD/Ympäristöselosteen tiedot
2. Kansallisen päästötietokannan tiedot
3. Muu yleisesti käytössä oleva päästötietokanta

Huomi! Mikäli päästötietokantoja käytetään tulee valita OneClick ohjelmasta vähäpäästöisin vaihtoehto, joka vastaa ominaisuuksiltaan mahdollisimman lähelle suunniteltua tuotetta.

Ostoenergian määrä

1. Energiatodistus ->> Valmistusneiden kohteiden osalta viimeisin tieto = energiatodistusrekisteri.fi
2. Rakentamislupaa varten laadittu energiaselvitys

Energiamuotojen päästökertoimet

1. Kansallisen päästötietokannan tiedot

Kuljetusmatkat ja työmaan energia

1. Kansallisen päästötietokannan taulukkoarvot
2. Todelliset arvot



ELINKAARIARVIOINNIN VERTAILULASKELMA B6 & RAJAUKSET

- B6 Energiankäyttö vertailulaskelman laskentaohje S-ryhmä oma laskentamalli: B6 Energiankäyttö elinkaarivaihe lasketaan S-ryhmän erityispiirteet huomioon ottaen YM-arvon lisäksi erillisellä tulosraportointi pohjan välilehdellä, josta tulos siirtyy tulosraportointi pohjan ensimmäiselle välilehdelle tuloksien koontisivulle
- B6 S-ryhmä välilehdellä on eri kohteille (Prisma, S-market, Sale) kohteittain käytettävät ominaiskulutuslukumat laskelmassa käytettäväksi sähkön-, lämmön- sekä kokonaisenergian osalta. Muiden kohteiden osalta ominaiskulutusluku kaulokämmön osalta syötetään manuaalisesti laskelmaan energiatodistuksen arvolla. Laskelmaan tulee valita kohteen lämmitysmuoto sekä syöttää paikallinen kaulokämmön päästökerron, mikäli tieto on saatavilla. Mikäli lämmitysmuodoksi valitaan muu kuin kaulokämmö = B6 osion päästövaikutus on nolla.
- HUOMI!** Laskija selvittää kohteen sijainnin ja lämmitysmuodon perusteella oikean päästökertoimen käytön: oikea yhtiö, oikea päästökertoimen arvo ja lähdevuosi. Erityisesti PKS-seudulla vallitsee suuret kohdekohtaiset erot perustuen sijainnin mukaiseen alueella toimivaan lämpölaitokseen liittyen vrt. Fortum Espoo / Helen Helsinki. Mikäli päästökerronta ei ole saatavilla ->> suoritetaan laskenta KL-tapauksissa YM21 arviointimallin mukaiseen päästöjen kehitykseen perustuvana ko. välilehden laskurilla.
- LASKELMASSA EI OTETA HUOMIOON:** rakennuksessa käyttöönoton jälkeen tapahtuvan liiketoiminnan aiheuttamaa sekä muita rakennustoiminnan ulkopuolisia päästöjä, joita ei ole huomioitu YM21 arviointimallissa.



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI

- Laskelmien tulokset kirjataan OneClick ohjelmasta **tilaajan erilliseen excell muotoiseen tulosraportti pohjaan**, josta tiedot ovat edelleen koneluettavissa Power BI järjestelmään. **Mallitvätöt** lomakkeen sivujen osalta (2-kpl) löytyvät omina välilehtinä tulosraportointi pohjasta.

- Tulosraporttiin kirjataan kohteen lähtötiedot sekä täydennetään tiedot kaikkiin **keltaisella pohjalla** oleviin soluihin tuloksien koontisivulla sekä B6 S-ryhmä välilehdellä. Seuraavilla sivuilla on kuvattu kaikki 5 täydennettävää kohtaa kohta kohdalta sekä ohjeistettu, mitä tuloksien sisällön osalta tulee täytön yhteydessä huomioida.

1. KOHTIEN KOKONAISHUOLALMAAJI RAKENNUKSEN ERIKAAREN ARVAT (5h-sivot)			
218	KIERE		
219	KIERE		
220	KIERE		
221	KIERE		
222	KIERE		
223	KIERE		
224	KIERE		
225	KIERE		
226	KIERE		
227	KIERE		
228	KIERE		
229	KIERE		
230	KIERE		
231	KIERE		
232	KIERE		
233	KIERE		
234	KIERE		
235	KIERE		
236	KIERE		
237	KIERE		
238	KIERE		
239	KIERE		
240	KIERE		
241	KIERE		
242	KIERE		
243	KIERE		
244	KIERE		
245	KIERE		
246	KIERE		
247	KIERE		
248	KIERE		
249	KIERE		
250	KIERE		
251	KIERE		
252	KIERE		
253	KIERE		
254	KIERE		
255	KIERE		
256	KIERE		
257	KIERE		
258	KIERE		
259	KIERE		
260	KIERE		
261	KIERE		
262	KIERE		
263	KIERE		
264	KIERE		
265	KIERE		
266	KIERE		
267	KIERE		
268	KIERE		
269	KIERE		
270	KIERE		
271	KIERE		
272	KIERE		
273	KIERE		
274	KIERE		
275	KIERE		
276	KIERE		
277	KIERE		
278	KIERE		
279	KIERE		
280	KIERE		
281	KIERE		
282	KIERE		
283	KIERE		
284	KIERE		
285	KIERE		
286	KIERE		
287	KIERE		
288	KIERE		
289	KIERE		
290	KIERE		
291	KIERE		
292	KIERE		
293	KIERE		
294	KIERE		
295	KIERE		
296	KIERE		
297	KIERE		
298	KIERE		
299	KIERE		
300	KIERE		
301	KIERE		
302	KIERE		
303	KIERE		
304	KIERE		
305	KIERE		
306	KIERE		
307	KIERE		
308	KIERE		
309	KIERE		
310	KIERE		
311	KIERE		
312	KIERE		
313	KIERE		
314	KIERE		
315	KIERE		
316	KIERE		
317	KIERE		
318	KIERE		
319	KIERE		
320	KIERE		
321	KIERE		
322	KIERE		
323	KIERE		
324	KIERE		
325	KIERE		
326	KIERE		
327	KIERE		
328	KIERE		
329	KIERE		
330	KIERE		
331	KIERE		
332	KIERE		
333	KIERE		
334	KIERE		
335	KIERE		
336	KIERE		
337	KIERE		
338	KIERE		
339	KIERE		
340	KIERE		
341	KIERE		
342	KIERE		
343	KIERE		
344	KIERE		
345	KIERE		
346	KIERE		
347	KIERE		
348	KIERE		
349	KIERE		
350	KIERE		
351	KIERE		
352	KIERE		
353	KIERE		
354	KIERE		
355	KIERE		
356	KIERE		
357	KIERE		
358	KIERE		
359	KIERE		
360	KIERE		
361	KIERE		
362	KIERE		
363	KIERE		
364	KIERE		
365	KIERE		
366	KIERE		
367	KIERE		
368	KIERE		
369	KIERE		
370	KIERE		
371	KIERE		
372	KIERE		
373	KIERE		
374	KIERE		
375	KIERE		
376	KIERE		
377	KIERE		
378	KIERE		
379	KIERE		
380	KIERE		
381	KIERE		
382	KIERE		
383	KIERE		
384	KIERE		
385	KIERE		
386	KIERE		
387	KIERE		
388	KIERE		
389	KIERE		
390	KIERE		
391	KIERE		
392	KIERE		
393	KIERE		
394	KIERE		
395	KIERE		
396	KIERE		
397	KIERE		
398	KIERE		
399	KIERE		
400	KIERE		



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI TAULUKKO 1

- Taulukkoon nro 1 kirjataan kohteen elinkaariarvioinnin kokonaistulokset. **MUOKKAA KUVAKKAPPAUS**
- Laskennan kokonaishiilijalanjälki kiinteistön elinkaaren aikana 50-vuotta -> YM-malli + S-malli B6 huomioituna tulokset molempien osalta yksiköissä: tCO₂e sekä kgCO₂e/m²/a kahden desimaalin tarkkuudella.
- Huom. YM 2021-menetelmän mukaisesti kokonaistulos on laskettu yhteen rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketuista tuloksista. Nämä osatulokset on lisäksi tuloksissa esitetty myös omina lukuarvoinaan.
- Hiilikädenjälki esitetään myös omana tuloksenaan. Hiilikädenjäljen tuloista ei saa YM21-menetelmän mukaisesti vähentää hiilijalanjäljestä. Hiilikädenjäljen tulos ilmoitetaan negatiivisina hiilidioksidiekvivalenteina (kgCO₂e) kahden desimaalin tarkkuudella.

1. KOHTIEN ELINKAARIARVIOINNIN KOKONAISTULOKSET	
2484,00	tCO ₂ e (rak. + rak. paikka)
1782,40	tCO ₂ e (S-malli rak. + rak. paikka)
21,34	kgCO ₂ e/m ² /a (rak. + rak. paikka)
15,50	kgCO ₂ e/m ² /a (S-malli rak. + rak. paikka)
20,60	kg CO ₂ e/m ² /vuosi rakennuksen kokonaishiilijalanjälki
0,74	kg CO ₂ e/m ² /vuosi rakennuspaikan kokonaishiilijalanjälki
0,40	Hiilikädenjälki



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI TAULUKKO 2

- Päästövaikutukset elinkaarivaiheittain raportoidaan kahden desimaalin tarkkuudella jakaen tulokset YM21 menetelmän mukaisesti rakennuksen ja rakennuspaikan osalta erikseen tiedoille varattuihin sarakkeisiin.
- Erityishuomiona kohta B4 rakennusosien vaihto, mikäli kohteessa aurinkopaneeleita suoritetaan laskenta 25-vuoden suunnitelulla paneelin käyttöiällä (yleisesti käytetty tuotantotakuu-aika), jolloin vaihtoväli on 1-kpl rakennuksen laskennallisen elinkaaren (50v) aikana.
- Huomio kenttään tarvittaessa erityishuomiot.

TAULUKKO 2. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET ELINKAARIVAIHEITTAIN					
Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrätiedon lähde	Rakennuksen päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Rakennuspaikan päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Huomiot
A1-A3	Väestös	EF-C-malli			
A4	Käyttöenergiat	SYVE-taulukko			
A5	Rakennusenergian yhteisvaikutus	EF-C-malli			
A5	Uudistamustyön vaikutus	SYVE-taulukko			
B1	Käyttöenergiat	EF-C-malli			
B2	Ei käytössä				
B3-B4	Rakennusosien vaihto	SYVE-taulukko			
B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD			
B5	Ei käytössä				
B6	Energin lämpö (YML)	Etoditus			
B6	Energin lämpö (Sähköntuotanto)	S-malli			
C1	Purkutyön vaikutus	SYVE-taulukko			
C2	Käyttöenergiat	SYVE-taulukko			
C3-4	Päästövaikutus käyttön jälkeen ja lopputilaisuus	SYVE-taulukko			



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI TAULUKKO 3

- Päästövaikutukset syötetään taulukkoon rakennusosittain rakenne ja rakennusosat Talo-2000 termistön mukaisesti pudotusvalikon valinnalla alkaen suurimman päästön omaavasta rakennusosasta.
- Taulukkoon kirjataan merkittävimmät (max. 19-kpl) yksittäiset rakennusosat sekä rakennusosien rakennetyypit huomioiden Esimerkkinä 1.2.4 Julkisivut, ovet ja ikkunat – 1241 Ulkoseinät ja merkintä huomioiden kyseessä olevasta rakennetyypistä kohteen suunnitelmista esimerkiksi US2.
- Viimeiselle rville nro 20 kirjataan summa elinkaari-laskelman muiden ei merkittävyyden vuoksi yksittäin raportoitavien rakenteiden osalta. Tulos ilmoitetaan yhteenlasketuna päästösommuna rakennus- ja rakennuspaikan tuotteiden osalta. Asia kirjataan lisäksi merkinnällä "Summa" huomioiden.
- Mikäli Talo-2000 termistö ei sisällä laskelmassa havaittua merkittävää rakennetyypistä --> Valitaan Luokittelemattomat rakenteet – Muu rakennusosa ja huomioiden kirjataan kuvaus rakenteesta.

TAULUKKO 3. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSITTAIN

Huom. Laskelman alkuun on tehty merkittävimmät tuotteet kirjataan taulukkoon alkaen jätettyistä suurimmasta päästöstä. Yhmittelä näille kirjataan jäljelle jäävien rakennusosien päästövaikutusten summa rakennusosa valinnalla. Muu rakennusosa.

Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määräyksien yksiköt	Rakennuksen päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Rakennuspaikan päästövaikutus = kg CO2e/m2/vuosi	Hummit N
1	1.2.4 Julkisivut, ovet ja ikkunat	1241 Ulkoseinät	IFC-malli	2,79		US2
2	1.2.2 Aluepöly	1221 Aluepölykaasut	IFC-malli	1,18		UP1
3	1.2.3 Huone	1233 Ilmat	IFC-malli	0,96		
4	1.2.3 Huone	1237 Ilmapöly	IFC-malli	0,96		UP1
5	1.2.6 Kattorakenteet	1261 Yksiläpölykaasut	IFC-malli	0,88		
6	1.2.3 Huone	1234 Pölyt	IFC-malli	0,56		
7	1.3.1 Mäki-ovat (valkoinen, ovet, portaat)	1311 Vaherit	IFC-malli	0,27		US2
8	Luokittelemattomat rakenteet	1231 Vaherit	IFC-malli	0,26		
9	1.3.1 Mäki-ovat (valkoinen, ovet, portaat)	1317 Tilapölyt	IFC-malli	0,13		
10	1.3.1 Mäki-ovat (valkoinen, ovet, portaat)	1211 Kivet	IFC-malli	0,09	0,10	
11	1.3.1 Mäki-ovat (valkoinen, ovet, portaat)	1243 Ulko-ovat	IFC-malli	0,09		
12	1.3.1 Mäki-ovat (valkoinen, ovet, portaat)	1310 Tiivisteet	IFC-malli	0,01		US1
13			IFC-malli			
14			IFC-malli			
15			IFC-malli			
16			IFC-malli			
17			IFC-malli			
18			IFC-malli			
19			IFC-malli			
20	Luokittelemattomat rakenteet	Muu rakennusosa	IFC-malli	1,26	0,45 SUMMA	



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI TAULUKKO 4

- Taulukossa 4 kirjataan Taulukko 3 järjestyksen mukaisesti rakennusosien valmistukseen käytettyjen tuotteiden tiedot, jotta rakennusosien tuotteiden sisällöt voidaan linkittää järjestyksnumerolla Power BI raportoinnissa toisiinsa.
- Tuote resurssieihin kirjataan enintään 7-kpl päästövaikutuksiltaan merkittävintä rakennusosiaan sisältyvää tuotetta sekä muiden rakennusosien resurssien yhteenlaskettu päästövaikutusten summa.
- Taulukkoon tulee myös merkittä pudotusvaikokosta tietolähde rakennusosan päästövaikutuksien osalta: EPD-ympäristöseloste tai vaihtoehtoisesti kansallinen päästötietokanta (SYKE).
- Huom. Kansallistapästötietokantaa (SYKE) käytettäessä valitaan aina päästövaikutuksellaan pienin rakennusosaa mahdollisimman lähelle vastaava valinta OneClick ohjelmasta.

TAULUKKO 4. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSIEN (3) VALMISTUKSEEN KÄYTETTYIEN TUOTTEIDEN (ONECLICK RESURSSIEN) OSALTA

Rakennusosa 1	Tuotevaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/kuusi	Tietolähde	Huomiot
Resurssi 1	Sardiniä-elementti, veik, mme-astillilla		0,10	SYKE	USE
Resurssi 2	Välitekon mme-astillilla	200	0,09	SYKE	
Resurssi 3	Sardiniä-elementti, veik, mme-astillilla		0,09	SYKE	
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosien resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X	0,02	SYKE	

No	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Huomiot
No	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Rakennusosa	Huomiot
1	1.2.4 Jalkalava, ovi ja alumiini	581130000	IF-C-ml	0,23	SYKE	
2	1.2.2 Aluepöytä	522740000	IF-C-ml	1,8	AFI	
3	1.2.3 Pöytä	522730000	IF-C-ml	0,88	AFI	
4	1.2.2 Kivisaunaseini	521710000	IF-C-ml	0,86	YFI	
5	1.2.2 Kivisaunaseini	521710000	IF-C-ml	0,86		
6	1.2.3 Pöytä	521710000	IF-C-ml	0,86		
7	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,27	YFI	
8	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,52		
9	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,12		
10	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,05	0,16	
11	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,07	YFI	
12	1.3.1 Jalo-osa (alumiini), ovi, p	521710000	IF-C-ml	0,07		
13			IF-C-ml			
14			IF-C-ml			
15			IF-C-ml			
16			IF-C-ml			
17			IF-C-ml			
18			IF-C-ml			
19			IF-C-ml			
20	Tuotevaikutus	Kaikki rakennusosat	IF-C-ml	1,18	0,61 SUMMA	
TAULUKKO 4. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSIEN (3) VALMISTUKSEEN KÄYTETTYIEN TUOTTEIDEN (ONECLICK RESURSSIEN) OSALTA						
Rakennusosa 1	Tuotevaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/kuusi	Tietolähde	Huomiot	
Rakennusosa 1	Sardiniä-elementti, veik, mme-astillilla		0,09	SYKE	USE	
Rakennusosa 2	Välitekon mme-astillilla	200	0,08	SYKE		
Rakennusosa 3	Sardiniä-elementti, veik, mme-astillilla		0,08	SYKE		
Rakennusosa 4	Siveliikkuvaa	4	0,06	SYKE		
Rakennusosa 5	Käsitönsiveliikkuvaa	0	0,079	SYKE		
Rakennusosa 6						
Rakennusosa 7						
Muiden rakennusosien resurssien yhteenlaskettu päästövaikutus	X	X	0,082	SYKE		
Rakennusosa 1	Tuotevaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO2e/m2/kuusi	Tietolähde	Huomiot	
Rakennusosa 2						



LASKENTATULOKSIEN RAPORTOINTI TAULUKKO 5

- Taulukko 5 on viimeinen laskennan päätteeksi täydennettävä taulukko.
- Taulukko on luotu vapaata palautetta, kehitysehdotuksia sekä erityisiä havaintoja varten, joita esitetty mallitöytössä vierellä.

TAULUKKO 5. KESKEISET HAVAINNOT LASKELMASTA	
Erityiset havainnot laskelman liittyvistä havainnoista voi syöttää tähän kenttään vapaana tekstinä. Esimerkiksi poikkeuksellisen hyvä / heikko tulos. Päivitystarve laskelman ohjeistuksessa / raportointipohjassa tai erityinen piirre laskettavassa kohteessa, joka selittää tavanomaisesta poikkeavia tuloksia.	

Liite 3. Rakennushankkeista tarvittavat tiedot elinkaariarvioinnin toteuttamiseksi

RAKENNUSHANKKEESTA TARVITTAVAT LAHTOTIEDOT

Rakennushankkeen projektipankista tulee löytyä alla luetellut tiedot ennen elinkaariarvioinnin laskentaa, jotta kohteen elinkaariarviointi voidaan suorittaa hankkeen valmistuessa.

- Kohteen sijainti
- Rakennusvuosi
- Koko kohteen pinta-ala (m²)
- Maan yläpuolisten kerrosten lukumäärä
- Rakennuspaikan pinta-ala (m²)
- Runkotyyppi
- Rakennuksen käyttötarkoitus
- Rakennetyypit (AP, VP, YP, US jne.)
- IFC-mallit määrälaskentaa varten (ARK- / RAK)
- Energiatodistus (Lämmitetty nettoala, m²)
- EPD-ympäristöselosteet rakennustuotteiden osalta (mikälii saatavilla)

Liite 4. Tulosraportti koontisivu

ELINKAARIARVIOINTI TULOSRAPORTTI						
YM 2021 LASKENTAMALLI						
LAHTÖTIEDOT						
	Hankkeen nimi					
	Sijainti					
	Rakennusvuosi					
	Rakennuspaikan pinta-ala (m ²)					
	Bruttopinta-ala (brm ²)					
	Lämmitetty netto pinta-ala (m ²)					
	Runkorakenne					
	Maanpäällisten kerrosten lukumäärä					
	Kellari kerrosten lukumäärä					
	Projektipäällikkö					
	Rakennuksen käyttötarkoitus					
	Arvioinnissa käytetyt laskentaohjelmistot					
	Selvitksen laatijan nimi					
	Ilmastaselvitksen pvm					
TAULUKKO 1. KOHTEEN ELINKAARIARVIOINNIN KOKONAISTULOKSET						
	tCO ₂ e (rak. + rak. paikka)					
	tCO ₂ e (S-malli rak. + rak. paikka)					
	kgCO ₂ e/m ² a (rak. + rak. paikka)					
	kgCO ₂ e/m ² a (S-malli rak. + rak. paikka)					
	kg CO ₂ e/m ² /vuosi rakennuksen kokonaishilijalanjälki					
	kg CO ₂ e/m ² /vuosi rakennuspaikan kokonaishilijalanjälki					
	rakennuspaikka					
	kg CO ₂ e/m ² /vuosi Hiilikädenjälki					
TAULUKKO 2. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET ELINKAARIVAIHEITTAIN						
Elinkaarivaihe	Kuvaus	Määrätiedon lähde	Rakennuksen päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Rakennuspaikan päästövaikutus = kg	Huomiot	
A1-A3	Valmistus	IFC-malli				
A4	Kuljetus työmaalle	SYKE taulukkoarvo				
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	IFC-malli				
A5	Uudisrakennustyömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo				
B1	Karbonisaatio	IFC-malli				
B2	Ei käytössä					
B3-B4	Ei käytössä					
B4	Rakennusosien vaihto	SYKE taulukkoarvo				
B4	Rakennusosien vaihto EPD	EPD				
B5	Ei käytössä					
B6	Energian käyttö (YM)	E-toistutus				
B6	Energian käyttö (S-laskentamalli)	S-malli				
C1	Purkutömaan toiminnot	SYKE taulukkoarvo				
C2	Kuljetus jatkokäsitteilyyn	SYKE taulukkoarvo				
C3-4	Päästövaikutukset käytön jälkeen ja loppusijoitus	SYKE taulukkoarvo				
TAULUKKO 3. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSITTAIN						
Huom. Laskennan sisällön osalta merkittävimmät tuotteet kirjataan taulukkoon alkaen järjestyksessä suurimmasta päästöstä. Viimeiselle riville kirjataan jäljelle jäävien rakennusosien päästövaikutusten summa rakennusosa valinnalla: Muu rakennusosa.						
Nro	Rakenne	Rakennusosa	Määrätiedon lähde	Rakennuksen päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Rakennuspaikan päästövaikutus = kg	Huomiot
1			IFC-malli			
2			IFC-malli			
3			IFC-malli			
4			IFC-malli			
5			IFC-malli			
6			IFC-malli			
7			IFC-malli			
8			IFC-malli			
9			IFC-malli			
10			IFC-malli			
11			IFC-malli			
12			IFC-malli			
13			IFC-malli			
14			IFC-malli			
15			IFC-malli			
16			IFC-malli			
17			IFC-malli			
18			IFC-malli			
19			IFC-malli			
20			IFC-malli			

TAULUKKO 4. PÄÄSTÖVAIKUTUKSET RAKENNUSOSIEN (3) VALMISTUKSEEN KÄYTETTYJEN TUOTTEIDEN (ONECLICK RESURSSIEN) OSALTA

[Järjestys kohdan 3 rakennusosien järjestys]					
Rakennusosa 1	Tuotekuvaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1					
Resurssi 2					
Resurssi 3					
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteensä	X	X			
Rakennusosa 2	Tuotekuvaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1					
Resurssi 2					
Resurssi 3					
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteensä	X	X			
Rakennusosa 3	Tuotekuvaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1					
Resurssi 2					
Resurssi 3					
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteensä	X	X			
Rakennusosa 19	Tuotekuvaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1					
Resurssi 2					
Resurssi 3					
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteensä	X	X			
Rakennusosa 20	Tuotekuvaus	Paksuus (mm)	Päästövaikutus = kg CO ₂ e/m ² /vuosi	Tietolähde (SYKE / EPD)	Huomiot
Resurssi 1					
Resurssi 2					
Resurssi 3					
Resurssi 4					
Resurssi 5					
Resurssi 6					
Resurssi 7					
Muiden rakennusosan resurssien yhteensä	X	X			

TAULUKKO 5. KESKEISET HAVAINNOT LASKELMASTA

Vapaa tekstikenttä erityisiä havaintoja varten.