



Palokatkomassojen vähähiilisyys

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)
Kevät 2025
Ilona Jokelainen

Koulutus Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)
Tekijä Jokelainen Ilona
Työn nimi Palokatkomassojen vähähiilisyys
Ohjaaja Pölonen Jarno

Vuosi 2025

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää palokatkomassojen vähähiilisyys ja arvioida niiden ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnin avulla. Tutkimuksessa tarkasteltiin eri palokatkomateriaaleja ja selvitettiin, onko vähäpäästöisten palokatkotuotteiden valinta rakennushankkeessa mahdollista ilman, että paloturvallisuus heikkenee. Lisäksi tutkittiin rakennusalan standardeja ja säädöksiä, jotka ohjaavat vähähiilisten materiaalien käyttöä. Samalla perehdyttiin palokatkojen suunnitteluun, toteutukseen ja huoltoon sekä paloturvallisuutta koskevaan lainsäädäntöön.

Rakennusalalla on kasvava tarve vähähiilille ja ympäristöystävällisille materiaaleille, sillä kestävä kehityksen tavoitteet ja kiristyvät säädökset ohjaavat vähäpäästöisten vaihtoehtojen käyttöön. Palokatkomassat ovat keskeinen osa rakennusten paloturvallisuutta, mutta niiden ympäristövaikutuksia on tutkittu vähemmän kuin niiden teknistä suorituskykyä. Alan toimijoiden, kuten suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja materiaalivalmistajien, tulisi tehdä tiiviimpää yhteistyötä vähäpäästöisten ja turvallisten ratkaisujen kehittämiseksi.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja vertailuanalyysinä, jossa tarkasteltiin eri palokatkomateriaalien päästöjä ja teknisiä ominaisuuksia. Työssä kehitettiin myös taulukkomuotoinen valitsin, jonka avulla alan ammattilaiset voivat valita hankkeisiinsa sopivat palokatkomateriaalit huomioiden teknisen suorituskyvyn lisäksi kestävä kehityksen vaatimukset. Valitsimen avulla käyttäjä voi suodattaa tuotteita suorituskyvyn, käyttökohteen, materiaalin ja ympäristövaikutusten perusteella.

Tulokset osoittivat, että palokatkomassojen hiilidioksidipäästöissä on suuria eroja; akryylipohjaiset tuotteet olivat keskimäärin vähäpäästöisimpiä, mutta polyuretaanipohjaisilla tuotteilla yksittäisten tuotteiden hiilidioksidipäästöt olivat huomattavan pienet suhteessa tilavuuteen. Vähäpäästöisten palokatkomassojen valinta on mahdollista niin, että tekninen suorituskyky ja rakenteen palo-osastointi säilyy, mutta valinta edellyttää huolellista tarkastelua. Vaikka palokatkojen osuus rakennushankkeen kokonaispäästöistä on pieni, jokainen ympäristötietoinen valinta edistää vähähiilisyyttä ja kestävä kehitystä.

Avainsanat Elinkaariarviointi, palokatko, päästöt, vähähiilisyys, ympäristövaikutukset
Sivut 43 sivua ja liitteitä 3 sivua

DP Construction and Civil Engineering, Bachelor of Construction Management
Author Jokelainen Ilona Year 2025
Subject Low Carbon Emissions of Firestop Compounds
Supervisor Pölönen Jarno

The objective of this thesis was to examine the low-carbon properties of firestop sealants and assess their environmental impact using life cycle assessment. The study analysed different firestop materials to determine whether selecting low-emission firestop products in construction projects is feasible without compromising fire safety. Additionally, the research explored construction industry standards and regulations that guide the use of low-carbon materials. Furthermore, the study delved into the planning, execution and maintenance of firestops, as well as safety legislation.

The construction industry has an increasing demand for low-carbon and environmentally friendly materials, as sustainability goals and tightening regulations drive the usage of low-emission alternatives. Firestop sealants play a crucial role in building fire safety, yet their environmental impact has been studied less than their technical performance. Industry stakeholders, including designers, contractors, and material manufacturers, should collaborate more closely to develop low-emission and safe solutions.

The research was conducted as a literature review and comparative analysis, examining the emissions and technical properties of various firestop materials. Additionally, the study developed a table-based selection tool that enables industry professionals to choose suitable firestop materials for their projects while considering both technical performance and sustainability requirements. This tool allows users to filter products based on performance, application, material type, and environmental impact.

The result indicated significant differences in the carbon dioxide emissions of firestop sealants: acrylic-based products were, on average, found to have the lowest emissions, but some polyurethane-based products had remarkably low carbon dioxide emissions relative to volume. Selecting low-emission firestop sealants is possible while maintaining technical performance and fire compartmentation, though it requires careful evaluation. Although firestops account for a small portion of a construction project's total emissions, every environmentally conscious choice contributes to low-carbon construction and sustainable development.

Keywords Emissions, environmental impact, firestop, life cycle assessment, low-carbon
Pages 43 pages and appendices 3 pages

Sisällys

Termit ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Uusi rakentamislaki	1
2.1	38 § Rakennuksen vähähiilisyys	2
2.2	39 § Rakennuksen elinkaariominaisuudet	3
2.3	Muut merkittävät pykälät	4
3	Rakentamisen vähähiilisyys	4
3.1	Rakentamisen aiheuttamat päästöt Suomessa	6
3.2	Rakentamisen hiilijalanjälki	8
3.3	Elinkaariarviointi	9
3.4	Hiilijalanjäljen standardit	10
3.4.1	Standardi ISO 14025	10
3.4.2	Standardi EN 15804	11
4	Palokatkot	13
4.1	Palokattojen määritelmä	13
4.2	Asetus paloturvallisuudesta 848/2017	14
4.3	Pelastuslaki 379/2011	19
4.4	Palokattojen materiaalit	19
4.5	Palokattojen suunnittelu	22
4.6	Palokattojen työmaatoteutus	23
4.7	Palokatkot korjausrakentamisessa	25
4.8	Palokattojen huolto	25
5	Palokatkomassojen vähähiilisyys	27
5.1	Tutkimuksen toteutus	29
5.2	Tuloksien analysointi	31
5.3	Materiaalien tekninen vertailu	36
5.4	Palokatkomassavalitsin (lopputuote)	38
6	Yhteenveto	38

Kuvat

Kuva 1 Vähähiilisen rakentamisen hierarkia. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 179)	6
Kuva 2 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys Suomessa. (Tilastokeskus, 2025a)	7
Kuva 3 Teollisuuden ja rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys Suomessa. (Tilastokeskus, 2025b)	8
Kuva 4 Palokatkojen toimintaperiaate. (Suomen Palokatkoyhdistys ry, 2019, s. 7)	14
Kuva 5 P3-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)	15
Kuva 6 P2-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2021, s. 3)	16
Kuva 7 P2- ja P3-paloluokan rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä tai paikkaluku. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)	17
Kuva 8 Saumaukseen käytettävät vaihtoehdot. (Suomen Palokatkoyhdistys ry, 2019, s. 17).....	21
Kuva 9 Esimerkki 2-komponenttisen palokatkoavaahdon käytöstä. (Suomen Palokatkoyhdistys ry, 2019, s. 21).....	22
Kuva 10 Rakennusmateriaalien valmistuksen hiilijalanjäljen arvoja. (Suomen ympäristökeskus, 2025).....	29
Kuva 11 Hiilidioksidipäästöjen keskiarvot materiaaleittain.	31
Kuva 12 Akryylipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.	32
Kuva 13 Hybridipolymeeripohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.	33
Kuva 14 Grafiittipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.	34
Kuva 15 Polyuretaanipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.	35
Kuva 16 Silikonipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.	36

Taulukot

Taulukko 1. Arviointiin yleisesti sisällytettävät rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 78).....	12
Taulukko 2. Materiaalien paloluokitus. (Talotekniikkainfo, n.d.).....	18

Liitteet

Liite 1.	Aineistonhallintasuunnitelma
Liite 2.	Sähköpostitse lähetetyt kysymykset
Liite 3.	Ote EPD-dokumentista
Liite 4.	Ote palokatkomassavalitsimesta

Käsitteet ja lyhenteet

CE-merkintä	EU:n direktiivien ja asetusten mukaiset vaatimukset täyttävä merkintä
CO ₂ -e	hiilidioksidiekvivalentti
DoP	declaration of performance, suoritustasoilmoitus
EC1	eurooppalainen rakennusmateriaalien sisäilmaluokitus
EN-standardi	vahvistettu eurooppalainen standardi
EPD	environmental product declaration, ympäristöseloste
GWP	global warming potential, vaikutuspotentiaali ilmaston lämpenemiseen
karbonatisoituminen	kemiallinen reaktio, jossa betonin sisältämä kalsiumhydroksidi reagoi ilman hiilidioksidin kanssa ja muuttuu kalsiumkarbonaatiksi. Aiheuttaa raudoituksen ruostumista
LCA	life cycle assessment, elinkaariarviointi
LULUC	land use, land-use change and forestry, maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous
LVISA	lämpö-, vesi-, ilmastointi-, sähkö-, ja automaatio
M1	rakennusmateriaalien sisäilmaluokitus
VOC	volatile organic compounds, haihtuvat orgaaniset yhdisteet
YSE	yleiset sopimusehdot

1 Johdanto

Yksi Suomen suurimmista kasvihuonekaasujen lähteistä on rakennusteollisuus ja alan vähähiilisyyden edistäminen on keskeinen tavoite kestävän kehityksen näkökulmasta. Uusi rakentamislaki asettaa vaatimuksia rakennusten vähähiilisyydelle niiden koko elinkaaren ajan. Tämä tarkoittaa muun muassa energiatehokkuuden parantamista, materiaalitehokkuuden optimointia ja rakennusten muuntojoustavuuden lisäämistä. Rakentamisen vähähiilisyyden lisäämiseksi materiaalivalinnat ja niiden ympäristövaikutukset ovat nousseet keskeisiksi kysymyksiksi.

Paloturvallisuus on tärkeä osa rakennusten kestävyttä ja turvallisuutta ja niiden oikeaoppinen suunnittelu ja toteutus vaikuttavat suoraan rakennuksen turvallisuuteen. Palokatkot ovat olennainen osa palo-osastointia, sillä ne estävät palon ja savukaasujen leviämistä rakennuksen eri osiin. Perinteisesti palokatkotuotteiden valinnassa on keskitytty ensisijaisesti niiden paloteknisiin ominaisuuksiin, mutta yhä enemmän huomiota kiinnitetään myös niiden hiilijalanjälkeen ja ympäristövaikutuksiin. Palokatkomassojen hiilijalanjäljen ja teknisen suorituskyvyn yhteensovittaminen on tärkeää, jotta voidaan edistää sekä paloturvallisuutta että kestävästä kehitystä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää palokatkomassojen vähähiilisyyttä ja arvioida niiden ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnin avulla. Työssä tarkastellaan, miten eri materiaalivalinnat vaikuttavat palokatkojen hiilijalanjälkeen ja voidaanko vähäpäästöinen palokatkotuote valita ilman, että paloturvallisuus heikkenee. Lisäksi työssä perehdytään rakennusalan standardeihin ja säädöksiin, jotka ohjaavat vähähiilisten materiaalien käyttöä. Työssä tarkastellaan myös palokatkojen työmaatoteutuksen näkökulmasta Lopputuotoksena on tarkoitus kehittää taulukkovalitsin, jonka avulla alan ammattilaiset voivat valita hankkeisiinsa sopivat palokatkomateriaalit ottaen huomioon teknisen suorituskyvyn lisäksi myös kestävän kehityksen näkökulmat ja ympäristövaikutukset.

2 Uusi rakentamislaki

Suomessa rakentamista säätelevä maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), joka on ollut voimassa vuodesta 1999, muuttui 1.1.2025 rakentamislaki (751/2023). Suurimmat muutokset koskevat lupajärjestelmää, suunnittelijoiden ja työnjohtajien pätevyysien osoittamista sekä vähähiilisen rakentamisen edistämistä. Uusi laki pyrkii huomioimaan rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät ilmastohyödyt ja -haitat. Lisäksi laki tehostaa

rakentamisen kiertotaloutta. Uusien teknisten vaatimusten mukaan rakennukset on suunniteltava kestäviksi ja muunneltaviksi. Uusien rakennusten ja purettavien kohteiden osalta on arvioitava käytettävät ja syntyvät materiaalit, pois kuljetettava maa- ja kiviaines sekä vaarallisten jätteiden määrä. (Ympäristöministeriö, n.d.-b)

2.1 38 § Rakennuksen vähähiilisyys

Rakentaminen ja rakennettu ympäristö aiheuttaa Suomessa kolmasosan kasvihuonekaasupäästöistä. Rakennusten päästöjen vähentämisessä tuleekin tutkia sekä niiden energiankäyttöä että koko elinkaaren aikaisia päästöjä, mukaan lukien valmistuksen, rakentamisen, käytön ja purkamisen aiheuttamat päästöt. Vähähiiliseen rakentamiseen on mahdollista päästä monin eri tavoin. Joissakin tapauksissa voi olla järkevää painottaa energiatehokkuutta, kun taas toisissa päästöjä voidaan vähentää käyttämällä vähähiilisiä tai pitkäikäisiä materiaaleja. Perustana on, että uusi sääntely toisi erilaisia vaihtoehtoja rakennuksen hiilijalanjäljen pienentämiseen. Tarkoituksena ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi on edistää uusien vähähiilisten suunnittelu- ja rakennusratkaisuiden syntymistä Suomessa. (Ympäristöministeriö, n.d.-a)

Uuden rakentamislain 38. §:ssä määritellään, että

rakentamishankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla vähähiiliseksi. Uuden rakennuksen tai rakentamislupaa edellyttävän laajamittaisen korjattavan rakennuksen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki on raportoitava rakentamislupaa varten tehtävässä ilmastaselvityksessä.

Tämä pykälä ei kuitenkaan koske uusia rakennuksia, jotka suunnitellaan lähes nollaenergiarakennuksiksi tai §:n 37 mukaan poisluettuja rakennuksia tai korjauskohteita. Nämä poikkeukset koskevat muun muassa rakennuksia, jotka ovat alle viisikymmentä neliometriä, loma-asuntoja, väliaikaisia rakennuksia, teollisuusrakennuksia, maatilarakennuksia, historiallisesti suojeltuja rakennuksia sekä uskonnolliseen toimintaan tarkoitettuja rakennuksia. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, §§ 37,38)

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen hiilidioksidipäästöt pyritään pitämään mahdollisimman pieninä koko elinkaaren ajan. Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulisi ottaa huomioon energiatehokkuus, sillä Suomessa suurin yksittäinen hiilijalanjäljen lähde on vanhojen talojen energiankulutus. Myös materiaalien ja

rakennusosien uudelleenkäytettävyys ja kierrätettävyys tulisi ottaa huomioon tarkasti. Materiaalien tuotannossa, kuljetuksessa ja asennuksessa voidaan valita vähähiilisiä vaihtoehtoja ja kaatopaikan sijaan tuotteet pyritään sijoittamaan jatkokäyttöön rakennuksen tullessa tekniseen loppuikänsä. (Ympäristöministeriö, n.d.-a)

Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen raportoinnin on perustuttava standardoituihin ja luotettaviin menetelmiin ja tietolähteisiin. Ympäristöministeriön laatima rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä kattaa rakennuksen koko elinkaaren. Se sisältää rakennustuotteiden valmistuksen, kuljetuksen, työmaatoiminnot, rakennuksen käytön ja korjaukset sekä elinkaaren lopussa tapahtuvan purkamisen ja materiaalien kierrätyksen. Puolueetonta tietoa Suomessa käytettävien rakennustuotteiden ilmastovaikutuksista tarjoaa rakentamisen päästötietokanta. Tietokannan tiedot yhtenäistävät rakennusten elinkaaren kasvihuonekaasujen laskennan ja tukevat vähähiilisten rakennusten suunnittelua. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, § 38)

Lain pykälässä määrätään myös, ettei uuden rakennuksen hiilijalanjälki saa ylittää käyttötarkoituksiluokittain säädettyä raja-arvoa, pois lukien §:n 37 mukaisia rakennuksia ja korjauskohteita. Raja-arvojen tulee pohjautua rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen energian- ja materiaalikulutukseen. Valtioneuvosto voi antaa säännöksiä, jotka määrittävät tarkemmin uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvot. Ympäristöministeriön asetuksella voidaan tarkentaa vähähiilisyyden arvioinnissa käytettävien tietojen ja ilmastaselvityksen laatimisen säännöksiä. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, § 38) Nämä raja-arvot tullaan selkeyden vuoksi erottamaan rakentamislaisissa omaksi pykäläkseen 38 a. Pykälän on tarkoitus tulla voimaan 1.1.2026. (Ympäristöministeriö, n.d.-b)

2.2 39 § Rakennuksen elinkaariominaisuudet

Rakentamislain 38. §:n lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi sekä tekniseltä käyttöikänsä pitkäikäiseksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kantavien rakenteiden ja pohjarakenteiden kestävyteen. Lisäksi teknisten järjestelmien käyttöikänsä, käytettävyyteen, huollettavuuteen, muunneltavuuteen, korjattavuuteen sekä rakennusosien purettavuuteen ja uudelleenkäytettävyyteen on panostettava. Rakentamislupaa edellyttävälle rakennukselle on myös laadittava koneluettava materiaaliseloste, jossa on oltava tiedot rakentamisessa käytetyistä materiaaleista ja tuotteista. Tämäkin pykälä

koskee kaikkia rakennuksia, paitsi 37. §:n poislukemia rakennuksia. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, § 39)

Ympäristöministeriön mukaan rakennuksen elinkaariominaisuus tarkoittaa ”rakennuksen teknistä tai toiminnallista ominaisuutta, joka tukee rakennuksen tai sen osien pitkäikäisyyttä”. Pitkäikäisyyttä voidaan edistää monin eri keinoin, muun muassa varmistamalla rakenteiden tekninen kestävyys ja kunnossapidettävyyys. Rakennuksen tekninen kestävyys perustuu sen kykyyn kestää ympäristön ja käytön aiheuttamia vaurioita. Rakennuksen tai sen tilojen kyky mukautua käyttötarpeiden muutoksiin joko talo- ja rakenneteknisin muutoksin tai ilman niitä, vaikuttaa myös rakennuksen pitkäikäisyyteen. Rakennusosien pitkäikäisyys vaikuttaa merkittävästi rakennusmateriaalien valintaan sekä niiden valmistuksessa tarvittavaan energiaan, mikä puolestaan edistää vähähiilisyystavoitteiden saavuttamista. (Hakaste ym., 2024)

2.3 Muut merkittävät pykälät

Rakentamislain 11. §:n mukaan lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, joka on erittäin energiatehokas tai jonka energiantarve on hyvin vähäinen. Vähintään 38 prosenttia tarvittavasta energiasta on katettava uusiutuvilla energialähteillä. Tämä energiatehokkuuden määritelmä perustuu Euroopan unionin direktiiveihin 2010/31/EU, 2012/27/EU ja (EU) 2018/844. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, § 11)

Lain 15. §:n mukaan Suomen ympäristökeskuksen on ylläpidettävä kansallista päästötietokantaa. Se tulee sisältää yleisluontoiset tiedot hiilijalanjäljestä ja hiilikädenjäljestä, joita tarvitaan rakennuksen ja rakennuspaikan vähähiilisuuden arviointiin. Tiedot on löydettävä muun muassa rakennustuotteiden valmistuksesta, kuljetuksesta, vaihdosta ja kierrätyksestä, rakentamisen aikana käytettävistä työkaluista ja polttoaineista, rakennuksen käytönaikaisen energian päästöistä, hiilivarastoista, karbonatisoitumisesta sekä kasvillisuudesta. (Rakentamislaki 751/2023, 2023, § 15)

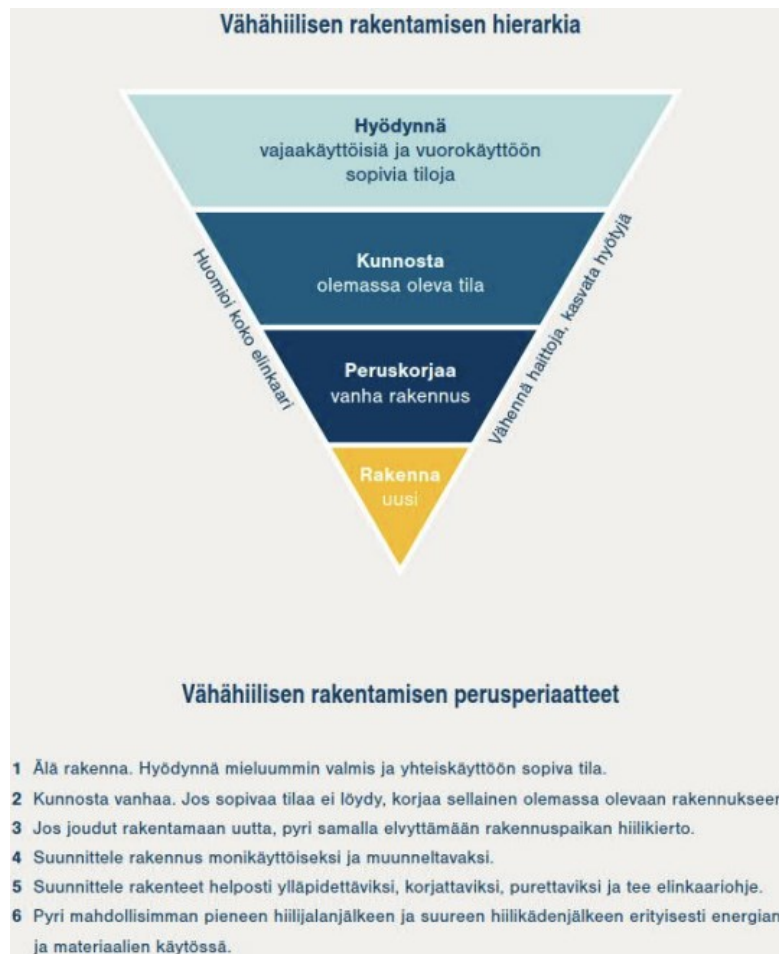
3 Rakentamisen vähähiilisyys

Vähähiilisyys on yhä merkittävämpi tekijä rakennushankkeiden tarpeellisuuden ja merkityksen arvioinnissa, sillä Suomen kansallinen ilmasto- ja energiastrategia sisältää toimenpiteitä, joilla pyritään täyttämään EU:n vuoden 2030 ilmastovelvoitteet. Tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä kuudellakymmenellä prosentilla vuoteen 2030

mennessä ja saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. (Kivimaa ym., 2023) Päätöksenteon tueksi hankevalmistelu- ja suunnitteluvaiheissa voidaan hyödyntää vähähiilisen rakentamisen hierarkiaa ohjaavana periaatteena. Kuvassa 1 esitetään tämä hierarkia, joka ohjaa rakennushankkeiden suunnittelua ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Hierarkia painottaa ensisijaisesti jo olemassa olevien tilojen hyödyntämistä, jolloin uuden rakentamisen tarve vähenee. Jos sopivaa tilaa ei löydy, seuraavaksi paras vaihtoehto on olemassa olevan rakennuksen kunnostaminen tai peruskorjaus. Uuden rakentaminen on hierarkian viimeinen vaihtoehto, ja sen tulisi tapahtua mahdollisimman vähähiilisesti. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 178)

Hierarkiaa tukevat vähähiilisen rakentamisen peruseriaatteet, joissa korostetaan elinkaariajattelua, muuntojoustavuutta ja resurssitehokkuutta. Rakennusten tulisi olla helposti ylläpidettäviä, korjattavia ja purettavia, ja hankkeiden suunnittelussa on pyrittävä pienentämään hiilijalanjälkeä erityisesti energian ja materiaalien käytössä. Tämä lähestymistapa edistää kestävämpää rakentamista ja vähentää rakentamisen ympäristövaikutuksia. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 178)

Kuva 1 Vähähiilisen rakentamisen hierarkia. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 179)



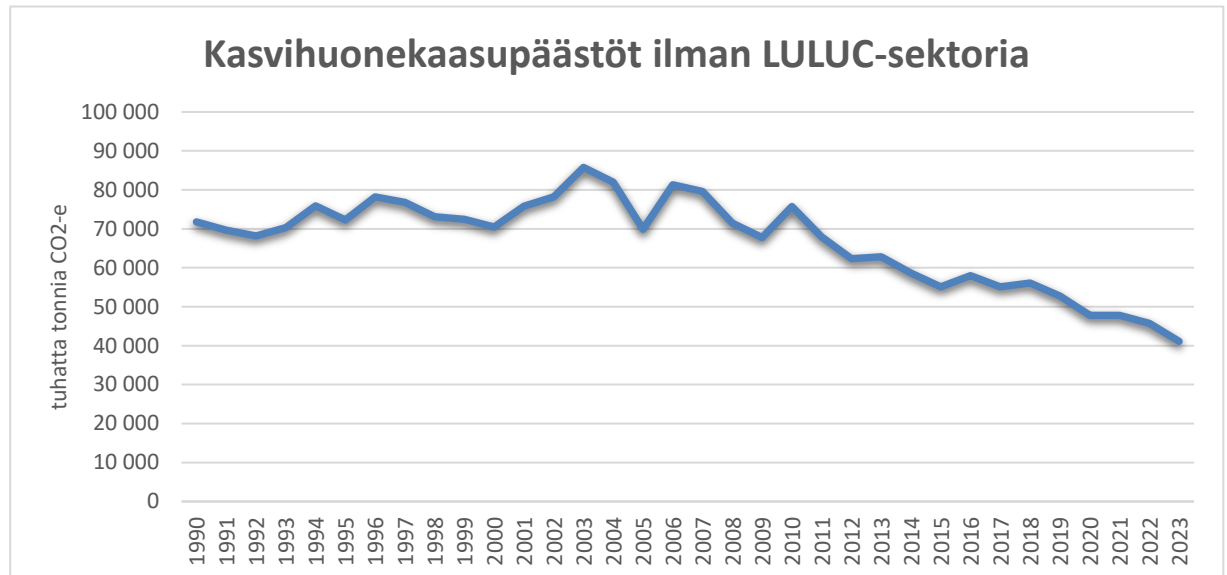
3.1 Rakentamisen aiheuttamat päästöt Suomessa

Teollisuuden ohella rakennussektori on yksi Suomen merkittävimpiä kasvihuonekaasupäästöjen lähteitä, mutta on myös yksi potentiaalisista toimialoista vähentää niitä. Rakennussektori vastaa lähes 40 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta, ja rakennusten lämmitys, sähkönkäyttö sekä itse rakentaminen tuottavat noin 30 % maan kasvihuonekaasupäästöistä. (Laine ym., 2020, s. 5)

Kuvassa 2 esitetään tilastokeskuksen raportoimat Suomen kaikki kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1990–2023. Vuonna 1990 päästöt ovat olleet yli 70 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia. Sen jälkeen päästöt ovat olleet laskussa, vaikka 90-luvulla ja 2000-luvun alussa havaittiin lyhytaikaista vaihtelua. Vuonna 2003 päästöt ovat olleet suurimmillaan hiilidioksidiekvivalentin ollessa yli 85 miljoonaa tonnia. Vuosina 2006 ja 2010 päästöt ovat

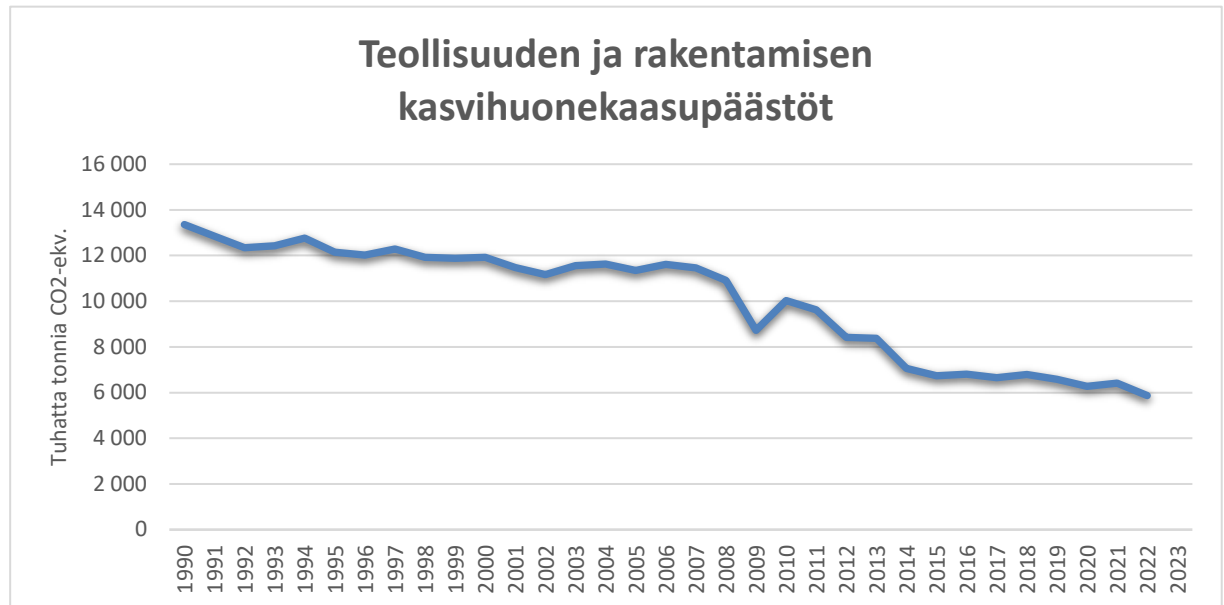
nousseet hetkellisesti noin kahdeksaankymmeneen miljoonaan tonniin CO₂-e, mutta sen jälkeen päästöjen trendi on ollut selkeästi laskeva. Vuoden 2003 huipun jälkeen päästöt ovat laskeneet jopa 52 %. Tarkastelussa ei olla otettu huomioon maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta (LULUC-sektoria). (Tilastokeskus, 2025a)

Kuva 2 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys Suomessa. (Tilastokeskus, 2025a)



Kuva 3 esittää Suomen teollisuuden ja rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen vuosina 1990–2023. Päästöjen trendi osoittaa laskua pitkällä aikavälillä. Vuonna 1990 päästöt olivat noin 13 miljoonaa tonnia CO₂-e, mutta ovat vuosikymmenten aikana vähentyneet alle kuuteen miljoonaan tonniin vuoteen 2023 mennessä. 1990-luvulla päästöissä tapahtui pientä vaihtelua, kun taas 2000-luvun lopussa päästöt putosivat voimakkaasti, jopa alle yhdeksään miljoonaan tonniin CO₂-ekv. Tämän jälkeen päästöjen määrä nousi hetkellisesti, mutta vuodesta 2010 lähtien suunta on ollut selvästi aleneva. Tarkastelujakson aikana päästöt ovat alentuneet 56 %. (Tilastokeskus, 2025b)

Kuva 3 Teollisuuden ja rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys Suomessa. (Tilastokeskus, 2025b)



Päästöjen vähenemiseen ovat vaikuttaneet useat tekijät, kuten energiatehokkuuden parantuminen, teollisuuden siirtyminen vähäpäästöisempiin energianlähteisiin, rakennusalan prosessien kehittäminen sekä tiukentuneet ympäristösäädökset. Lisäksi vuoden 2008 finanssikriisi sekä vuonna 2020 alkanut koronapandemia ovat osaltaan hidastaneet talouskasvua, mikä on vaikuttanut päästöjen vähenemiseen. Myös vihreän siirtymän nopeutuminen ja fossiilisten polttoaineiden käytön väheneminen ovat edistäneet päästöjen laskua. (”Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat laskussa”, 2022)

3.2 Rakentamisen hiilijalanjälki

Suomen Standardisoimisliitto SFS määrittelee hiilijalanjäljen seuraavasti:

Tuotejärjestelmän kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien summa, joka ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina ja perustuu elinkaariarviointiin, jossa käytetään vain yhtä vaikutusluokkaa eli ilmastonmuutosta. Hiilijalanjälki voidaan jakaa lukujoukkoihin, joista tarkat kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat selviävät.

Käytännössä tämä tarkoittaa palvelun, tuotteen tai toiminnan aiheuttamaa kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää sen koko elinkaaren aikana. Elinkaaren

sisältyy kaikki toisiinsa liittyvät prosessit ja toiminnot, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseen, käyttöön ja hävittämiseen. (SFS-EN ISO 14067:2018, 2018, s. 10)

Hiilijalanjälkiselvityksen tavoitteena on laskea tuotteen potentiaalinen vaikutus ilmaston lämpenemiseen hiilidioksidiekvivalenttina ilmaistuna. Selvitys auttaa tunnistamaan, missä elinkaaren vaiheessa päästöt ovat suurimmat, ja tarjoaa tietoa, jonka avulla voidaan vähentää päästöjä ja parantaa ympäristösuorituskykyä. Lisäksi hiilijalanjälkiselvitys tukee päätöksentekoa kestävien materiaalien ja prosessien valinnassa sekä parantaa luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä tuotteiden ympäristövaikutuksista. Selvityksen päätavoitteena on edistää vähähiilisen talouden kehitystä ja tukea ilmastonmuutoksen hillintää. (SFS-EN ISO 14067:2018, 2018, s. 23)

3.3 Elinkaariarviointi

Elinkaariarvioinnissa (LCA) tarkastellaan tuotteen tai palvelun potentiaalisia ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta raaka-aineiden hankinnasta käytön kautta loppusijoituspaikkaan tai kierrätykseen. Tuloksia käytetään arvioimaan saman tasavertaisen palvelun tai tuotteen tuottamiseen liittyviä vaikutuksia ja eroja vaihtoehtojen välillä. Elinkaariarviointi on luonteeltaan määrällistä tarkastelua, joten menetelmä mahdollistaa vaihtoehtoisten tuotteiden, valmistusprosessien tai komponenttien vertailun. Menetelmän käyttö ei kuitenkaan sovellu kuluttajavalintojen tueksi sen monimutkaisuuden vuoksi. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 52)

Elinkaariarvioinnissa tarkastellaan tuotejärjestelmän ympäristönäkökohtia ja -vaikutuksia, mutta siihen ei yleensä sisällytetä taloudellisia tai yhteiskunnallisia näkökulmia. Kattavampia arviointeja voidaan kuitenkin tehdä yhdistämällä elinkaariarviointiin muita työkaluja. Elinkaariarvioinnin tulokset eivät ole tarkkoja ennusteita todellisista ympäristövaikutuksista, koska arvioinnissa vaikutukset ilmaistaan suhteessa vertailuyksikköön, ympäristötietoja yhdistetään eri paikoista ja ajankohdilta, vaikutuksen mallintamiseen liittyy epävarmuutta, ja osa vaikutuksista ilmenee vasta tulevaisuudessa. Elinkaariarvio tarjoaa suuntaa antavaa tietoa, mutta ei anna täydellistä kuvaa ympäristövaikutusten todellisesta laajuudesta. (SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020, 2020, s. 8)

3.4 Hiilijalanjäljen standardit

Environmental Product Declaration eli EPD-ympäristöseloste esittää rakennustuotteiden ympäristövaikutukset luotettavasti. Laskenta tehdään elinkaariarvioinnilla tuotteen koko elinkaaren ajalta. EPD-ympäristöseloste on tyyppin III ympäristömerkki ja on kolmannen osapuolen todentama. Tiedot esitetään standardien ISO 14025 ja EN 15804 mukaisesti. Niillä varmistetaan, että selosteiden tiedot ovat yhteneväisiä ja vertailukelpoisia rakennustason tai rakennusosien laskentaa suorittaessa. Standardien mukaiset indikaattorit kuvaavat tuotteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Näihin kuuluvat muun muassa hiilijalanjäljen huomioiva ilmastonmuutosvaikutus sekä otsonikerrosta heikentävien aineiden vaikutus. Indikaattorit mittaavat myös happamoittavia päästöjä, jotka vahingoittavat ekosysteemejä ja rakenteita. Lisäksi ne kuvaavat rehevöittäviä päästöjä, jotka aiheuttavat vesistöjen happikatoa. Resurssien käyttöä arvioidaan uusiutumattomien energiavarojen ja mineraalien ehtymisen kautta. (Rakennustieto, 2025)

3.4.1 Standardi ISO 14025

Standardin 14025:2010 mukaan ympäristömerkkien ja -selosteiden yleinen tarkoitus on edistää sellaisten tuotteiden kysyntää ja tarjontaa, jotka rasittavat ympäristöä mahdollisimman vähän. Tyyppin III ympäristöselosteiden tarkoituksena on tarjota elinkaariarviointiin perustuvaa tietoa tuotteiden ympäristönäkökohdista sekä auttaa ostajia ja käyttäjiä vertailemaan tuotteita näihin tietoihin perustuen. Selosteiden päämääränä on edistää ympäristösuorituskyvyn jatkuvaa parantamista. Tyyppin III ympäristöselosteiden kehittäminen ja käyttö on vapaaehtoista, mutta niiden laatimisessa on huomioitava kaikki tuotteen elinkaaren aikaiset olennaiset ympäristönäkökohdat. Lisäksi selosteissa esitetty informaatio tulee olla läpinäkyvää niin, että käyttäjällä tai ostajalla on mahdollisuus ymmärtää käytetyt menettelyt. (SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020, 2020, ss. 14,16,18,20)

Tyyppin III ympäristöselosteiden tavoitteena on helpottaa sellaisten tuotteiden ympäristöominaisuuksien vertailua, jotka täyttävät samat toiminnalliset vaatimukset. Määrälliset tiedot on esitettävä käyttämällä asianmukaisia ja yhdenmukaisia mittayksiköitä tuoteryhmäsääntöjen mukaisesti. Jos laadullisia tietoja ilmoitetaan, niiden on oltava vertailukelpoisia. Laadullisen tiedon tuottamiseen tulisi hyödyntää samoja menetelmiä tai järjestelmiä, jotka on myös yksilöitävä. Lisäksi tuoteryhmäsääntöjen yksityiskohtien on

oltava saatavilla tuotteen ostajalle tai käyttäjälle pyynnöstä. (SFS-EN ISO 14025, 2010, s. 32)

3.4.2 Standardi EN 15804

Standardin EN 15804 tavoitteena on varmistaa, että kaikki rakennustuotteiden ja palveluiden ympäristöselosteet laaditaan, varmennetaan ja esitetään harmonisoidusti ja että esitetty informaatio on tieteellisesti perusteltu. Jotta ympäristötiedot olisivat vertailukelpoisia keskenään, toistettavia ja yhdenmukaisia, selosteiden sisältämä tieto esitetään informaatiomoduuleina. Tämä sallii rakennuksen ympäristösuoritusason johdonmukaisen järjestelyn, esittelyn ja arvioinnin koko elinkaaren ajalta. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 2019, s. 6)

Kaikille rakennustuotteille ja -materiaaleille on ilmoitettava moduulit A1-A3, C1-C4 ja D. Tämä ei koske materiaaleja, jotka purkuvaiheessa ovat tunnistamattomia tai niitä ei voida enää fyysisesti erottaa toisistaan tai ne eivät sisällä eloperäistä hiiltä. Moduulien C1-C4 ja D ilmoittamatta jättäminen on perusteltava ja lisäksi on annettava tieto siitä, mistä purkuvaiheen skenaariot ovat löydettävissä. Moduulit kattavat tuotteiden ja materiaalin hävikin elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ja -näkökohdat. Hävikki ja sen vaikutukset raportoidaan siinä moduulissa, jossa ne ilmenevät. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 2019, s. 14)

Taulukon 1 mukaisesti tuotevaiheen informaatiomoduulit sisältävät moduulit A1 – raaka-aineiden hankinta ja käsittely, A2 – tuotteen kuljetus valmistukseen sekä A3 – itse tuotteen valmistus. Moduulit A1-A3 voidaan ilmoittaa myös yhteenlaskettuna moduulina. Rakentamisvaiheen informaatiomoduulit A4 ja A5 sisältävät materiaalin tai tuotteen kuljetuksen työmaalle sekä työmaatoiminnot. Kuljetuksen aikana syntyvän hävikkimateriaalin tai -tuotteen valmistus, kuljetus sekä jätteen loppusijoitus tai käsittely raportoidaan kuljetusmoduulissa A4, kun taas asennuksen aikana syntyvät vastaavat toiminnot ilmoitetaan asennusmoduulissa A5. Rakennuksen käyttövaiheeseen liittyvään moduuliin kuuluvat B1 – käyttö, B2 – kunnossapito, B3 – korjaus, B4 – osien vaihto sekä B5 – laajamittaiset korjaukset. Rakennuksen toimintaan liittyvät moduulit ovat B6 – energian käyttö sekä B7 – veden käyttö. Purkuvaiheen moduuli sisältää vaiheet C1 – purkaminen, C2 – purkuvaiheen kuljetukset, C3 – purkujätteen käsittely uudelleenkäyttöä tai hyödyntämistä varten sekä C4 – purkujätteen loppusijoitus. Moduulin D kuuluu elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset eli uudelleenkäytöstä, hyödyntämisestä ja kierrätyksestä arvioidut nettovaikutukset. Kaikki edellä mainitut moduulit sisältävät

kuhunkin moduuliin tarvittavat tuotteet ja materiaalit sekä energian ja veden käytön. Lisäksi niihin on sisällytetty tuotteiden ja -materiaalien hävikin elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ja -näkökohdat. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 2019, ss. 18–19)

Taulukko 1. Arviointiin yleisesti sisällytettävät rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Häkkinen & Kuittinen, 2020, s. 78)

	Rakentamiseen tarvittavat tuotteet	Korjaamiseen tarvittavat tuotteet
A1	Raaka-aineiden hankinta	Korjaustuotteiden raaka-aineiden hankinta
A2	Kuljetus valmistukseen	Korjaustuotteiden kuljetus valmistukseen
A3	Valmistus	Korjaustuotteiden valmistus
A4	Kuljetus työmaalle	Korjaustuotteiden kuljetus työmaalle
A5	Tuotteen asennus	Korjaustuotteiden asennus
	Rakennuksen käyttö/Rakennuksen käyttö korjaushankkeesta lähtien	
B1	Asennettujen tuotteiden käyttö	
B2	Kunnossapito	
B3	Korjaus	
B4	Vaihto	
B5	Laajamittaiset korjaukset	
B6	Toiminnallinen energiankäyttö	
B7	Toiminnallinen vedenkäyttö	
	Rakennuksen käytöstäpoistovaihe	
C1	Purkaminen	
C2	Kuljetus jätteen käsittelyyn	
C3	Jätteen käsittely	
C4	Jätteen loppusijoitus	
	Hyödyt ja kuormat järjestelmärajan ulkopuolella	
D	Uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja kierrätys	

Ympäristöselosteissa näiden moduulien ympäristövaikutuksia kuvaavat indikaattorit ovat ilmoitettu CO₂ -ekvivalentteina yksikköä kohden. Tämän opinnäytetyön tutkimuksissa laskettiin mukaan vain ilmastonmuutoksen vaikutuspotentiaalinen kokonaisvaikutus, GWP-total. GWP-total on kolmen ilmastonmuutoksen vaikutuksen alaluokan summa. Nämä alaluokat ovat GWP-fossil, GWP-biogenic sekä GWP-LULUC. GWP-fossil-indikaattori kuvaa ilmaston lämpenemisen vaikutuspotentiaalia, joka syntyy fossiilisten polttoaineiden, fossiilista hiiltä sisältävien materiaalien, turpeen ja kalkin poltosta sekä hiilidioksidin sitoutumisesta esimerkiksi sementtipohjaisten materiaalien karbonatisoituaessa. GWP-biogenic-indikaattori kuvaa ilmaston lämpenemisen vaikutuspotentiaalia, joka syntyy hiilidioksidin sitoutumisesta eloperäiseen biomassaan, eloperäisen hiilen siirtymisestä luonnosta tuotejärjestelmiin, sekä biomassan hapettumisesta tai hajoamisesta. GWP-LULUC-indikaattori kuvaa kasvihuonekaasupäästöjä ja hiilidioksidin sitoutumista, jotka

johtuvat maankäytön ja sen muutosten vaikutuksista eloperäisiin hiilivarastoihin. Näitä muutoksia voivat olla esimerkiksi metsäkato tai maaperän käsittely. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 2019, ss. 56–57)

4 Palokatkot

Palokatkoja tarvitaan rakennuksissa estämään tulipalon ja savukaasujen leviäminen palo-osastojen välillä. Niitä asennetaan osastoihin rakennusosiin, kuten seiniin, välipohjiin ja yläpohjarakenteisiin, joiden läpi kulkee taloteknisiä järjestelmiä, kuten vesi- ja viemäriputkia, ilmakehäisiä, lämmitysputkistoja ja sähkökaapeleita. Palokatkot koostuvat yhdestä tai useammasta rakennustuotteesta, jotka takaavat palo-osastoinnin vaatiman paloteknisen suorituskyvyn, kuten savukaasutiiviuden ja lämmöneristävyden. Tulipalotilanteissa rakenteiden lämpötila nousee ja savukaasujen määrä lisääntyy, jolloin palokatkojen on estettävä palon leviäminen paitsi rakenteiden kautta myös taloteknisten läpivientien osalta. Siksi palokatkojen on oltava tiiviitä ja tarvittaessa myös lämmöneristäviä, jotta ne säilyttävät toimintakykynsä määrätyn ajan ja suojaavat rakennuksen muita osia. (RIL 270-2018, 2018, s. 10)

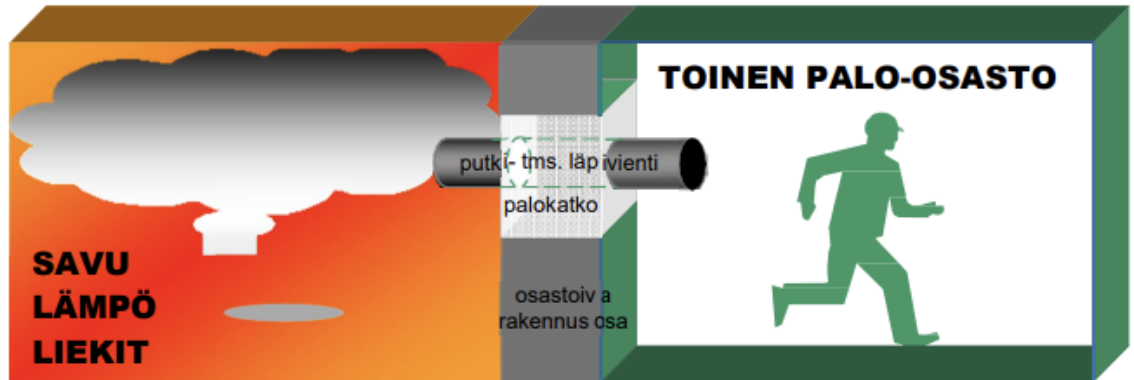
Palokatkot ovat paloturvallisuuden kannalta kriittisiä ja niiden toteuttamista valvotaan tarkasti viranomaisten toimesta. Lainsäädäntö edellyttää rakennusten jakamista palo-osastoihin, jotta palon ja savun leviämistä voidaan rajoittaa, poistumista turvata, helpottaa pelastus- ja sammutustoimia sekä minimoida omaisuusvahinkoja. Rakennusten paloturvallisuutta ja palokatkoja säätelevät rakentamislaki (751/2023), ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) sekä pelastuslaki (379/2011). (RIL 270-2018, 2018, s. 9)

4.1 Palokatkojen määritelmä

Palokatko tarkoittaa ratkaisua, jolla osastoivien rakennusosien läpiviennit tiivistetään siten, että ne täyttävät palo-osastoinnin vaatimukset. Palo-osastoinnin palotekniset ominaisuudet ovat tiiviys (E) ja tiiviys ja eristävyys (EI) sekä palonkestävyysaika, joka ilmaistaan minuutteina. Palokatko koostuu yhdestä tai useammasta rakennustuotteesta tai -järjestelmästä, jotka asennetaan pysyvästi rakennukseen. Sen tarkoituksena on estää palon ja savun leviäminen rakennusosien läpivientien kautta. Kuvassa 4 havainnollistetaan palokatkon toimintaperiaate. Osastoivan rakennusosan toisella puolella liekit aiheuttavat lämpöä sekä savua. Rakenteen läpi kulkee putki- tai muu läpivienti, joka säilyttää

vaatimusten mukaisen osastoivuuden. Tämä takaa sen, että rakennuksesta poistuminen toiselta palo-osastolta on turvallista. (RIL 270-2018, 2018, s. 13)

Kuva 4 Palokatkojen toimintaperiaate. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, s. 7)



Palo-osasto on rakennuksen sisäpuolinen tila, josta palon leviäminen estetään määrättyksi ajaksi osastoivien rakennusosien tai muiden tehokkaiden ratkaisujen avulla.

Ympäristöministeriön asetuksen 14. §:n mukaan rakennus on sen koon, kerroksien ja tilojen käyttötarkoituksen sitä edellyttäessä jaettava palo-osastoihin. Osastoinnin tarkoitus on rajoittaa savun leviäminen, turvata poistuminen sekä helpottaa pelastus- ja sammutustoimia. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 6)

Läpivienti on osastoivaan rakennusosaan tehty aukko, jonka muoto ja koko vaihtelevat, ja jonka kautta johdetaan rakennuksen taloteknisiä järjestelmiä, kuten putkia, kanavia, hormoneja ja kuiluja. Paloturvallisuuslain 18. §:n mukaan läpiviennit eivät saa olennaisesti heikentää rakennusosan osastoivuutta, mikä tarkoittaa, että läpivienneissä käytettyjen palokatkojen tulee vastata osastoivan rakenteen palonkestävyyttä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 9)

4.2 Asetus paloturvallisuudesta 848/2017

Aikaisemmin mainitun §:n 18 lisäksi paloturvallisuuslain 3. §:n mukaan pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on huolehdittava, että paloturvallisuutta koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät. Nämä vaatimukset täyttyvät, jos rakennus suunnitellaan ja rakennetaan asetuksessa esitettyjä luokkia ja lukuarvoja noudattaen. Paloluokat ovat P0, P1, P2 ja P3. Kuvassa 5 esitetään rakennusmääräysten

asettamattomat rajoitukset rakennusten kerrosluvulle, korkeudelle ja kerrosalalle paloluokassa P3. Yhden kerroksen rakennuksen enimmäiskorkeus saa olla yhdeksän metriä ja kerrosala enintään 2 400 m², tai erityisehdoin 4 800 m². Kaksikerroksisilla rakennuksilla enimmäiskorkeus luokassa P3 saa olla sama, mutta kerrosala rajoittuu 1 600 m²:iin, tai 2 400 m²:iin erityisehdoin. Hoitolaitoksille sovelletaan yhden kerroksen rakennusten rajoituksia. Tuotanto- ja varastorakennuksille on määritetty 14 metrin enimmäiskorkeus ilman kerrosalarajoitusta, kun taas maataloustuotteiden kuivatukseen tarkoitettujen rakennukset voivat olla 18 metriä korkeita ilman kerrosalarajoitusta. Autosuojien korkeus saa olla enintään yhdeksän metriä, eikä niiden kerrosalaa ole rajoitettu. Asuinrakennukset, joissa eri kerrokset kuuluvat eri asuinhuoneistoihin, eivät ole sallittuja paloluokassa P3. Rakennuksen korkeus määräytyy julkisivupinnan ja vesikaton leikkauskohdan korkeuden mukaan maanpinnasta. Pääosin yksikerroksisessa rakennuksessa voi olla enintään 200 m² osastoituja ja 50 m² osastoimattomia, toimintaan liittyviä tiloja toisessa kerroksessa. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, ss. 2–3)

Kuva 5 P3-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset.

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)

Rakennus	Kerrosluku enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
1-kerroksinen, yleensä	1	9 m	2 400 m ² (4 800 m ²)
2-kerroksinen, yleensä		9 m	1 600 m ² (2 400 m ²)
Hoitolaitos	1	9 m	2 400 m ²
Tuotanto- tai varasto- rakennus	1 ²⁾	14 m	ei rajoitusta
Erillisenä rakennuksena oleva maataloustuotteiden kuivaamo	1	18 m	ei rajoitusta
Autosuoja	1	9 m	ei rajoitusta
Asuinrakennus, jonka päällekkäiset kerrokset kuuluvat eri asuin- huoneistoon	ei sallittu	ei sallittu	ei sallittu

¹⁾ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.

²⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.

* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Kuvassa 6 esitetään rakennusmääräysten asettamat rajoitukset rakennusten kerrosluvulle, korkeudelle ja kerrosalalle paloluokassa P2. Yleisesti rakennuksen suurin sallittu

kerrosluku on kaksi, enimmäiskorkeus yhdeksän metriä, eikä kerrosalaa ole rajoitettu. Tuotanto- ja varastorakennukset voivat olla yksikerroksisia ilman korkeus- ja kerrosalarajoitusta. Paloturvallisuusluokan 2 tuotanto- ja varastorakennuksille ei ole asetettu korkeuden tai kerrosalan rajoituksia. Yli kaksikerroksiset asuinrakennukset, hoitolaitokset, majoitusrakennukset ja työpaikkarakennukset voivat olla enintään 28 metriä korkeita ja 12 000:n m²:n kokoisia. Yli kaksikerroksiset kokoontumis- ja liikerakennukset sekä asuinrakennukset, joissa kaikki kerrokset kuuluvat samaan asuinhuoneistoon, voivat olla enintään 14 metriä korkeita ja 12 000:n m²:n kokoisia. Rakennuksen korkeus määritellään julkisivupinnan ja vesikaton leikkauskohdan mukaan. Yksikerroksisiin rakennuksiin voidaan sijoittaa enintään 200 m² osastoituja ja 50 m² osastoimattomia, toimintaan liittyviä tiloja. Mikäli rakennuksen palokuorma ylittää 1 200 MJ/m², tulee sen olla varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)

Kuva 6 P2-paloluokan rakennuksen käyttötarkoitusta ja kokoa koskevat rajoitukset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2021, s. 3)

Rakennus	Kerrosluku enintään	Korkeus ¹⁾ enintään	Kerrosala enintään
Yleensä	2	9 m	ei rajoitusta
1-kerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Palovaarallisuusluokan 2 tuotanto- tai varastorakennus	1 ²⁾	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos), majoitusrakennus ja työpaikkarakennus ³⁾	8 *	28 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus ³⁾	4 *	14 m *	12 000 m ² *
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon ³⁾	4	14 m	12 000 m ²

¹⁾ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.

²⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.

³⁾ Rakennuksessa ei sallita tiloja, joissa on palokuormaa yli 1 200 MJ/m².

* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

Kuvassa 7 esitetään paloluokkien P2 ja P3 suurin sallittu henkilömäärä. P2-paloluokan rakennuksissa asuinrakennuksille, kokoontumis- ja liiketiloille sekä työpaikkatiloille ei ole

henkilömäärärajoitusta enintään kaksikerroksisissa rakennuksissa. Yli kaksikerroksisissa rakennuksissa henkilömäärä rajoittuu tuhanteen henkilöön. Majoitus- ja hoitolaitoksissa henkilömäärä on rajoitettu 150–500 henkilöön kerrosluvun mukaan, ja tuotanto- ja varastotilat voivat sisältää enintään sata henkilöä yli kaksikerroksisissa rakennuksissa. P3-paloluokan rakennuksissa rajoitukset ovat tiukemmat. Asuinrakennusten ja työpaikkatilojen henkilömäärä rajoittuu 250 henkilöön kaksikerroksisissa rakennuksissa. Kokoontumis- ja liiketiloissa sekä majoitustiloissa vastaava rajoitus on 150 henkilöä. Hoitolaitoksille P3-luokassa ei ole sallittu yli yksikerroksista rakentamista, samoin kuin tuotanto- ja varastotiloille. Kaksikerroksisissa rakennuksissa rajoitukset koskevat tapauksia, joissa kyseisen käyttötarkoituksen mukaiset tilat on sijoitettu koko rakennuksen toiseen kerrokseen. Jos tiloja on myös ensimmäisessä kerroksessa, voidaan soveltaa yksikerroksista rajoitusta. Mikäli rakennuksessa on eri käyttötarkoituksiin kuuluvia tiloja, tulee turvallisuus arvioida kokonaisuutena. Rakennuksen ollessa varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla, voidaan henkilömäärärajoituksia nostaa. Poikkeuksena ovat asunnot, jossa kaikki kerrokset kuuluvat samaan asuinhuoneistoon. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)

Kuva 7 P2- ja P3-paloluokan rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä tai paikkaluku. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 3)

Rakennuksen paloluokka	P2			P3	
	1	2	yli 2 kerrosta *	1	2
Käyttötarkoitus					
Asunnot, henkilöitä	ei rajoitusta	ei rajoitusta	1 000	250 (500 *)	150 (250 *)
Majoitustilat, majoituspaikkoja	150 (300 *)	50 (100 *)	500	50 (100 *)	10
Hoitolaitokset, hoitopaikkoja	100 (200 *)	25 (50 *)	150	10 (25 *)	ei sallittu
Kokoontumis- ja liiketilat, henkilöitä	ei rajoitusta	250 (500 *)	1 000	500 (1 000 *)	50
Työpaikkatilat, henkilöitä	ei rajoitusta	ei rajoitusta	1 000	250 (500 *)	150
Tuotanto- ja varastotilat, henkilöitä	ei rajoitusta	50 (100 *)	ei sallittu	ei rajoitusta	ei sallittu

Kaksikerroksisen rakennuksen henkilömäärärajoitukset koskevat tapauksia, joissa mainitun käyttötarkoituksen mukaiset tilat on sijoitettu kokonaan tai osaksi rakennuksen toiseen kerrokseen. Jos näitä tiloja on vain ensimmäisessä kerroksessa, voidaan soveltaa yksikerroksista rakennusta koskevia rajoituksia. Mikäli rakennuksessa on eri käyttötarkoituksiryhmiin kuuluvia tiloja, rakennuksen turvallisuustaso arvioidaan tarkastelemalla rakennusta kokonaisuutena.

* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Poikkeuksena enintään 14 metriä korkea asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon.

Rakennusten paloluokitusten lisäksi materiaaleille ja tarvikkeille on annettu paloluokitus sen mukaan, miten ne osallistuvat paloon tai käyttäytyvät palotilanteessa. Lattianpäällysteitä ja putkimaisia lämmöneristeitä lukuun ottamatta rakennustarvikkeiden luokat kuvataan merkinnöillä A1, A2, B, C, D, E ja F. Taulukko 2 kuvaa rakennusmateriaalien paloluokitusta, joka määrittää niiden käyttäytymisen tulipalotilanteessa. Luokitus perustuu kolmeen keskeiseen tekijään: materiaalin osallistuminen paloon, savuntuotto sekä palavien pisaroiden ja osien muodostuminen. Paloluokituksessa A1-luokan materiaalit ovat täysin palamattomia, kun taas A2-, B- ja C-luokkien materiaalit osallistuvat paloon vaihtelevasti mutta rajoitetusti. D-luokan materiaalien palokäyttäytyminen on hyväksyttävissä, ja E-luokan materiaalit täyttävät minimivaatimukset. F-luokalle ei ole määritetty palokäyttäytymistä. Savuntuotto luokitellaan kolmeen tasoon: s1 tarkoittaa erittäin vähäistä, s2 vähäistä ja s3 voimakkaampaa savuntuottoa. Lisäksi palavien pisaroiden ja osien muodostuminen arvioidaan luokilla d0, d1 ja d2. D0 tarkoittaa, ettei palavia pisaroita esiinny, d1 niiden sammuvan nopeasti ja d2 ei täytä kummankaan aiemman luokan vaatimuksia. (Talotekniikkainfo, n.d.)

Taulukko 2. Materiaalien paloluokitus. (Talotekniikkainfo, n.d.)

A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon (palamaton).
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

Lain 25. §:n mukaan enintään 56 metriä korkeiden P1-paloluokan rakennusten ulkoseinärakenteissa, joissa lämmöneristeen eristävä osa ei täytä B-s1, d0-luokan vaatimuksia, aukkojen pielet on suojattava siten, että palon leviäminen lämmöneristeeseen estyy. Tämä aika tulee olla vähintään puolet tilan osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimuksen ajasta rakennuksen sisäpuolelta ja aukkojen piilien osalta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 13)

Lain 27. §:n mukaan enintään 56 metriä korkeissa P1-paloluokan rakennuksissa, joissa yläpohjarakenteiden lämmöneristeen eristävä osa ei täytä B-s1, d0-luokan vaatimuksia, aukkojen pielet on suojattava siten, että palon leviäminen lämmöneristeeseen estyy. Suojausajan on oltava vähintään yhtä pitkä, kuin tilan osastoivien rakennusosien palonkestävyyssuojavaatimus. Poikkeuksena ovat 1–2 kerroksiset rakennukset ilman ullakkoa, sekä enintään 28 metriä korkeat rakennukset, joissa lämmöneriste täyttää vähintään D-s2, d2 -luokan vaatimuksen, jolloin suojausajan vaatimukseksi riittää puolet osastoivien rakennusosien palonkestävyyssuojavaatimuksesta. Lisäksi läpiviennit ja muut asennukset on toteutettava siten, ettei lämmöneristeiden suojaus heikkene. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2020, s. 15)

4.3 Pelastuslaki 379/2011

Pelastuslain tarkoituksena on lisätä ihmisten turvallisuutta ja vähentää onnettomuuksia. Lisäksi laki varmistaa, että onnettomuustilanteissa ihmiset pelastetaan, kriittiset toiminnot turvataan ja vahinkojen vaikutuksia minimoidaan tehokkaasti. Pelastuslaki ei suoraan mainitse rakennustuotteita, mutta se vaikuttaa rakennuksen käytönaikaisiin kunnossapitotoimiin sekä toiminnallisesta että teknisestä näkökulmasta. (RIL 270-2018, 2018, s. 22)

Lain mukaan rakennuksen omistajan, haltijan ja toiminnanharjoittajan on varmistettava, että rakennus, rakennelma ja niiden ympäristö pidetään sellaisessa kunnossa, että tulipalon tahallisen sytyttämisen sekä palon syttymis- ja leviämiskäsky on mahdollisimman pieni. Rakennuksessa olevien on voitava poistua turvallisesti tulipalon tai muun äkillisen vaaratilanteen sattuessa, tai heidät on voitava pelastaa muilla keinoin. Lisäksi onnettomuustilanteessa pelastustoiminnan on oltava mahdollista, ja pelastushenkilöstön turvallisuus on otettava huomioon. (Pelastuslaki 379/2011, 2011)

4.4 Palokatkojen materiaalit

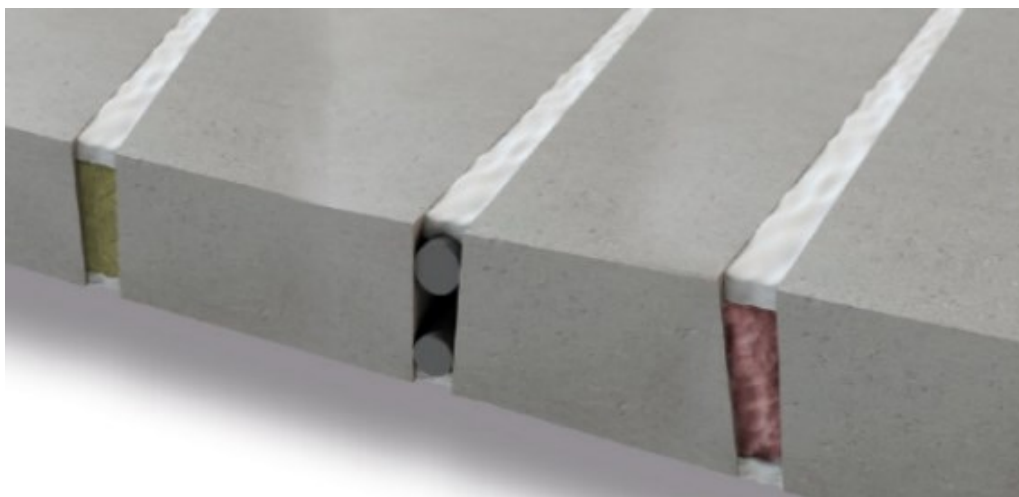
Palokatkomateriaalin valintaan vaikuttavat useat seikat. Läpiviennin tyyppi määrittelee, millaista materiaalia voidaan käyttää. Sähkökaapeleille, metalliputkille, muoviputkille, ilmanvaihtokanaville sekä rakenne- ja liikuntasaumoille on omat ratkaisunsa. Lisäksi rakenteen palonkesto-aika ja materiaalit vaikuttavat valintaan, sillä palokatkon on täytettävä rakenteen vaatimukset ja estettävä palon sekä savukaasujen leviäminen määräysten mukaisesti. Palokatkolta voidaan vaatia myös muita ominaisuuksia kuten ääneneristävyyttä

tai maalattavuutta. Myös mekaaninen kestävyys on tärkeää esimerkiksi kohteissa, joissa palokatkoilta vaaditaan elastisuutta. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin vain palokatkomassoihin. Massat voidaan luokitella passiivisiksi palonsuojaratkaisuisiksi. Ne pysyvät passiivisinä normaaliolosuhteissa, mutta aktivoituvat palotilanteissa. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, ss. 8,15)

Esimerkiksi putkiläpivienneissä palokatkomateriaalin valinta perustuu putken materiaaliin. Metalliputket eivät yleensä painu kasaan tulipalon aikana, joten paisuvia materiaaleja ei tarvita. Eristettyjen metalliputkien osalta tilanne voi olla toisenlainen, sillä usein palavien eristeiden palokatko tuotteet ovat turpoavia. Muoviputkien sulaminen tulipalossa edellyttää paisuvien materiaalien käyttöä, jotta läpivienti saadaan tiivistettyä palon etenemisen estämiseksi. Lisäksi on tärkeää varmistaa palokatkon hyvä tartunta rakenteisiin sekä huomioida lämmönsiirtymisen estäminen. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, s. 15)

Akryylipohjaisia palokatkomassoja käytetään metalliputkien läpivienneissä, rakenne- ja liikuntasauvojen tiivistyksessä sekä läpivientien viimeistelyssä. Akryylimassoja voidaan käyttää myös osana erilaisia ratkaisuja, joissa käytetään useampaa palokatko tuotetta. Akryylipohjaisten palokatkomassojen etuina ovat muun muassa hyvä tarttuvuus, UV-säteilyn kestävyys, maalattavuus, savukaasutiiveys sekä ääneneristävyys. Kuvassa 8 esitetään palo-osastoivan rakennusosan saumauksen toteutustavat, joilla varmistetaan rakenteen palonkestävyys ja tiiviys. Sauma voidaan täyttää eristeellä tai CE-merkityllä taustanauhalla ja tiivistää palosilikonilla tai -akryylillä niin, että se vastaa palo-osastoivan rakennusosan vaatimuksia. Soveltuvia eristeitä ovat esimerkiksi mineraalivillaeristeet, solukumieristeet ja muut talotekniset eristeet, joissa on huomioitu rakennusfysikaaliset ja palotekniset tekijät. Toinen vaihtoehto on käyttää palossa paisuvaa CE-merkittyä saumanauhaa, joka laajentuessaan estää palon ja savukaasujen leviämisen. Kolmas tapa on pursottaa saumaan saumaukseen hyväksyttyä palovaahtoa ja viimeistellä pinta pellityksellä, palosilikonilla tai -akryylillä. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, ss. 17,19)

Kuva 8 Saumaukseen käytettävät vaihtoehdot. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, s. 17)



Elastisia palokatkomassoja, kuten silikonit, käytetään liikunta- ja rakennesaumojen läpivienteihin ja tiivistämiseen. Saumojen liikevara voi olla jopa 25 %. Silikonipohjaisten tuotteiden etuja ovat esimerkiksi matalien ja korkeiden lämpötilojen kestävyys, joustavuus, UV-säteilyn ja otsoninkestävyys sekä ilma- ja vedenpitävyys. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, s. 20)

Korkeassa lämpötilassa laajenevia grafiittipohjaisia palokatkomassoja käytetään sähkö- ja muoviputkien läpivientien tiivistykseen. Ne soveltuvat hyvin kohteisiin, jotka vaativat savukaasutiiviyyttä sekä palokatkon jälkipaikkausta ja saumausta. Pursotettavat 1- ja 2-komponenttiset palovaahdot ovat monikäyttöisiä niin saumaukseen kuin aukkojen täyttämiseen. Niiden etuina ovat käytön helppous vaikeapääsyisissä kohteissa, ääneneristävyys sekä nopea käytettävyys. Kuva 9 esittää palo-osastoivan seinärakenteen läpivientä, jossa on käytetty 2-komponenttista palokatkoa. Vaahtoa on käytetty putkien ja kaapelikanavan ympärillä täyttämään tyhjät tilat seinärakenteessa. Vaahto mukautuu muotoonsa täyttäen kaikki raot ja saumat, varmistaen tiiviin ja kestävä suojan. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, ss. 20–21)

Kuva 9 Esimerkki 2-komponenttisen palokatkoavaahdon käytöstä. (Suomen Palokatko yhdistys ry, 2019, s. 21)



MS-polymeeri (Modified Silane Polymer) on innovatiivinen liima- ja tiivistemateriaali, joka yhdistää polyuretaanin ja silikonin parhaat ominaisuudet. Se on ympäristöystävällinen, sillä se on usein liuotinvapaa ja sisältää vain vähän haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Materiaali kestää hyvin UV-säteilyä ja kosteutta, mikä tekee siitä ihanteellisen ulkokäyttöön. MS-polymeerejä käytetään laajasti rakennusalalla saumojen ja liitosten tiivistämiseen sekä erilaisten materiaalin, kuten betonin ja lasin, liimaamiseen. Niiden erinomainen tarttuvuus ja joustavuus tekevät niistä kestävä ja monikäyttöisen ratkaisun erilaisiin teollisuus- ja rakennuskohteisiin. (Gluecom, n.d.)

4.5 Palokatkojen suunnittelu

Palokatkojen asentamista varten on laadittava palokatkosuunnitelma, jonka laatii erityissuunnittelija. Tämä suunnitelma valmistellaan hankkeen toteutussuunnitteluvaiheessa, ottaen huomioon kohteen palo-osastoinnin ja osastoivien rakenteiden vaatimukset. Lopullinen suunnitelma viimeistellään yhteistyössä muiden erityissuunnittelijoiden, kuten rakenne-, palo-, ääni-, LVIA- ja sähkösuunnittelijoiden, kanssa näiden suunnitelmien valmistuttua. Suunnitelmassa määritellään tarkasti käytettävät palokatkotuotteet ja -ratkaisut, joiden on oltava yhteensopivia ja muodostettava toimiva kokonaisuus myös käytön ja huollon osalta. (RIL 270-2018, 2018, s. 71)

Palokatkosuunnitelmaan sisältyvät palokatkojen sijaintikaaviot, joissa jokainen läpivienti on yksilöity omalla koodillaan, esimerkiksi detalji-, kirjain- ja numerotunnuksella

detaljipiirustusten mukaisesti. Samoin yhdistelmäläpiviennit merkitään detaljinumerolla piirustusten mukaisesti. Suunnitelman detaljipiirustuksissa kuvataan kaikkien palokatkoratkaisuiden oleelliset tuote- ja asennustiedot sekä mahdolliset rajoitukset. Detaljikuivissa esitetään palokatkoratkaisu pystyleikkauksena sekä läpivietävien taloteknisten järjestelmien sijoittelu ja niiden etäisyysvaatimukset. Mikäli ratkaisua halutaan havainnollistaa tarkemmin, voidaan käyttää myös sivuprojektiota sekä vaakaleikkausta. (RIL 270-2018, 2018, s. 73)

Palokatkosuunnitelma sisältää myös kirjallisen osuuden, joka toimii työ- ja rakennusselostuksena. Siinä käsitellään vähintään seuraavat asiat:

- kohteen yleistiedot
- käytettävät palokatkotuotteet ja niiden luettelo
- hyväksyntämenettelyt ja menettelytapojen kuvaukset
- testatuista ratkaisuista poikkeavat palokatkodetaljit
- palokatkojen palotekniset ominaisuudet
- toimintatavat ja vastuut suunnitelmamuutosten yhteydessä
- piirustusten merkinnät ja niiden selitykset
- ohjeet palokatkojen merkitsemisestä asennuspaikalla
- tarkastusmenettelyt
- vastuut muiden urakoitsijoiden ohjeistamisesta
- muut tarvittavat ohjeistukset
- asentajan minimipätevyysvaatimukset.

Muita palokatkosuunnitelmaan liittyviä teknisiä asiakirjoja ovat muun muassa suoritustasoilmoitukset (DoP), CE-merkinnät ja rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen yhteydessä käytettävät kolmannen osapuolen myöntämät sertifikaatit ja asiantuntijalausunnat. Nämä suunnitelmat varmistavat, että palokatkot toteutetaan oikein ja yhdenmukaisesti, mikä takaa niiden paloturvallisuuden ja toimivuuden koko rakennuksen elinkaaren ajan. (RIL 270-2018, 2018, s. 74)

4.6 Palokatkojen työmaatoteutus

Palokatkojen työmaatoteutus käynnistyy aloituskokouksella, joka pidetään ennen asennustöiden aloittamista, kun palokatkokourakoitsija on valittu. Kokoukseen osallistuvat vähintään palokatkokourakoitsijan vastuuhenkilö, LVISA-urakoitsijat, erityisurakoitsijat sekä

muut tilaajan tarpeelliseksi katsomat tahot, kuten palokatkosuunnittelija. Kokouksessa käydään läpi palokatkosuunnitelma ja sen sisältö, asennusvaiheen toimintaohjeet, aikataulujen yhteensovittaminen sekä vaadittavat dokumentoinnit asennuksen aikana. (RIL 270-2018, 2018, s. 78)

Palokatkojen toteutukseen kuuluu rakennushankkeen normaalin käytännön mukainen laadunvarmistus. Valvonnan menetelmiä ovat erilaiset tarkastukset, katselmukset ja mittaukset. Siihen liittyy myös laatutodistusten tarkastus ja dokumentointi. Palokatkourakoitsijan on yleisten sopimusehtojen (YSE) mukaisesti tehtävä toteutus- ja laadunvarmistussuunnitelma ja valvottava työn laatua. Kaikki laadunvarmistustoimenpiteet on oltava selkeästi määritelty sopimuksissa. Osa urakoitsijan laadunvarmistusta on palokatkon merkitseminen rakennuspaikalla. Valmis palokatko on merkittävä tarralla tai kilvellä, eikä sen päälle saa maalata eikä tehdä muita merkintöjä. (RIL 270-2018, 2018, s. 80)

Palokatkosuunnitelmat on oltava työmaalla ennen asennustöiden aloittamista. Rakennusvaiheen aikana tehtävät muutokset tulee hyväksyttävä etukäteen palokatkosuunnittelijalla, joka laatii muutossuunnitelman. Palokatkoasennustyön valvojien, muiden taloteknisten töiden valvojien sekä LVISA-urakoitsijoiden on perehdyttävä suunnitelmiin huolellisesti. Ennen asennustyön aloitusta urakoitsijoiden tulee varmistaa, että asennuskohde vastaa palokatkosuunnitelmaa. Myös sähköurakoitsijan on tiedettävä, tuleeeko sähköarina katkaista läpiviennin kohdalla vai voiko se jatkua läpiviennin läpi. Lisäksi sähköurakoitsijan on tiedettävä kaapeleiden lukumäärä ja niiden sijoittelu kussakin läpivientikohdassa. (RIL 270-2018, 2018, s. 79)

Vastuuhenkilöt keräävät työmaatarkastuksista dokumentaation, joka liitetään rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Se sisältää havainnot ja poikkeamat. Palokatkosuunnittelija vastaa työmaa-aikaisten muutosten päivittämisestä ja niiden toimittamisesta tarkastusasiakirjan liitteeksi. Loppukatselmuksessa varmistetaan, että palokatkot on toteutettu suunnitelman mukaisesti. Tämän jälkeen suunnitelma-asiakirjat luovutetaan tilaajalle ja toimitetaan rakennusvalvontaviranomaisille kuntakohtaisesti sovitulla tavalla. Lisäksi palokatkourakoitsija toimittaa tiedot käytetyistä tuotteista ja niiden huoltotarpeista, jotka liitetään kiinteistön käyttö- ja huolto-ohjeeseen. (RIL 270-2018, 2018, s. 85)

4.7 Palokatkot korjausrakentamisessa

Palokatko tulee uusida, kun sen rakenne on vahingoittunut tai siinä on käytetty ratkaisuja, jotka eivät ole hyväksytyjä. Uusiminen on myös silloin aiheellista, kun vanhaa ja uutta palokatkoa ei voida yhdistää tai palokatko on teknisen käyttöikänsä lopussa. Rakennuksen korjaushankkeessa palokattojen uusimisen tai korjaamisen laajuus määräytyy taloteknisten järjestelmien laajuuden sekä säilytettävien läpivientien palokattojen kunnan mukaan. Korjausrakentamisessa määritellään etukäteen tavoitetaso sekä vanhalle että uudelle palo-osastoinnille yhteistyössä rakennusvalvontaviranomaisen kanssa. Käytännössä tarkastellaan rakennuksen nykyisiä palokattoja ja määritellään, mitkä säilytetään ennallaan, mitkä korjataan ja millä menetelmillä sekä kuinka uudet palokatot suunnitellaan ja toteutetaan. Korjausrakentamisessa kustannustehokkuuden arvioinnissa on huomioitava tilojen samanaikainen käyttö, sillä toteutustavat vaikuttavat merkittävästi työmaa-aikaisiin järjestelyihin, läpivientien tilapäisiin ratkaisuihin, kulkureittien järjestämiseen palokattojen rakentamisen aikana sekä suojauksen tarpeeseen. (RIL 270-2018, 2018, s. 69)

Palokattoja korjattaessa on tärkeää varmistaa uuden ja vanhan tuotteen yhteensopivuus, sillä palokatkotuotteiden ominaisuudet vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Yksinkertaisin tapa varmistaa yhteensopivuus on käyttää samoja tuotteita ja rakenneratkaisuja kuin alkuperäisessä palokatossa. Tällöin on kuitenkin varmistettava, ettei tuotteiden ominaisuuksia tai asennusohjeita ole muutettu. (RIL 270-2018, 2018, s. 92)

4.8 Palokattojen huolto

Palokattojen suunnittelu, asennus, huolto ja ylläpito ovat keskeisiä tekijöitä rakennuksen käyttöturvallisuuden varmistamisessa. Järjestelmälliset tarkastukset, tarvittavat huoltotoimenpiteet ja käyttäjien asianmukainen toiminta varmistavat palokattojen pitkäaikaisen tehokkuuden ilman, että ne vaarantavat kiinteistön turvallisuutta. Rakennuksen huoltohenkilöstön on oltava perillä palokattojen tarkastus- ja ylläpitokäytännöistä, ja toimenpiteet tulee suorittaa käyttö- ja huolto-ohjeiden mukaisesti. Myös rakennuksen omistajan velvollisuutena palokattojen osalta on huolehtia, että niiden kuntoa tarkkaillaan asianmukaisesti ja että ne korjataan tai vaihdetaan tarvittaessa. (RIL 270-2018, 2018, s. 87)

Rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla on laatia rakennukselle koneluettava käyttö- ja huolto-ohje eli huoltokirja. Huoltokirja on pakollinen uudisrakennuksille, joita käytetään pysyvään asumiseen tai työskentelyyn. Sen tarkoituksena on tarjota tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaiseen käyttöön ja kunnossapitoon. Tämä ohjeisto auttaa varmistamaan halutut asumisolosuhteet, rakenteiden ja laitteiden suunnitellun käyttöiän toteutumisen sekä taloudellisen energiatehokkuuden. (RIL 270-2018, 2018, s. 89)

Käyttö- ja huolto-ohjeessa tulee ilmoittaa sähköisessä muodossa

- palokatkosten sijainti kiinteistössä, eli toteutussuunnitelma
- käytettyjen materiaalien tiedot sekä asennus- ja huolto-ohjeet
- palokatkosten suunniteltu käyttöikä ja toimintaohje elinkaaren lopussa
- huolto- ja tarkastusmenettelyt sekä niiden tarkastusvälit
- ohjeet palokatkosten korjaamiseen
- tarkastusohjeet palokatkoille mukaan lukien piiloon jäävien palokatkosten tarkastustavat
- korjaustyön suorittajan vaatimukset
- korjaustöissä tehtyjen muutosten dokumentointitapa
- korjaus- ja huoltotöiden tarkastusprosessi, eli kuka tarkastaa ja hyväksyy työt
- palokatkosten tarkastusmenettelyt tulipalon tai muun poikkeustilanteen jälkeen
- kiinteistön huoltohenkilöstön perehdyttäminen palokatkoihin liittyviin käytäntöihin
- muut tarvittavat tiedot palokatkosten toimivuuden varmistamiseksi.

Normaaliolosuhteissa palokatkosten odotetaan kestävän vähintään valmistajan määrittämän käyttöiän. Käyttö- ja huolto-ohjeessa tulee olla määriteltynä ohjeelliset tarkastusvälit ja menettelytavat palokatkosten toimintakunnon seurantaan. (RIL 270-2018, 2018, s. 89)

Vuosittaisessa määräaikaistarkastuksessa arvioidaan tehtyjä muutoksia, kuten osastoivien rakennusosien muokkauksia, putkiremontteja, kaapelointeja tai muita läpivientejä. Lisäksi varmistetaan, että muutosten yhteydessä on huomioitu palokatkot ja että kaikki muutokset on asianmukaisesti dokumentoitu. Palokatkosten tarkastuskierros suoritetaan 3–5 vuoden välein, jolloin niiden kunto arvioidaan silmämääräisesti sekä valmistajan huolto-ohjeiden mukaisesti. Tarkastuksen yhteydessä voidaan myös tehdä tarvittavat korjaukset, mikäli tarkastuksen suorittajalla on tähän vaadittu pätevyys. Kaikki suoritettavat muutokset kirjataan ja dokumentoidaan asianmukaisesti. (RIL 270-2018, 2018, s. 90)

Palokatkojen käyttöön jatkamisen arviointi suoritetaan 10–25 vuoden välein palokatkotuotteiden valmistajan ilmoittaman käyttöön mukaisesti. Yhteistyössä palokatkosuunnittelijan kanssa arvioidaan, voidaanko palokatkojen käyttöä pidentää ja onko tarkastelujaksolla ilmennyt tekijöitä, jotka voisivat heikentää niiden toimivuutta tai edellyttää korjaustoimenpiteitä. Arvioinnin tuloksena tilaajalle toimitetaan kirjallinen lausunto sekä laaditaan suunnitelma palokatkojen uusimiseksi tarvittaessa. (RIL 270-2018, 2018, s. 90)

Palokatkojen kuntoa arvioitaessa tarkastusten ja huoltojen yhteydessä voidaan hyödyntää useita menetelmiä tilanteen vaatimusten mukaisesti. Silmämääräisessä tarkastuksessa etsitään mahdollisia mekaanisia vaurioita, kuten halkeamia pinnoissa tai pinnoitteissa. Valotestiä käytetään arvioimaan palokatkon tiivyyttä, sillä valon näkyminen palokatkon läpi osoittaa puutteita sekä savukaasutiivyydessä että palo-osastoinnissa. Vaikeasti saavutettavissa olevissa kohteissa voidaan hyödyntää valokuva- tai videokuvausta palokatkon kunnan arvioimiseksi. Savukoneella tai tilojen paineistamisella voidaan varmistaa palokatkon savukaasutiiviyys. Merkkiainekokeet tarjoavat mahdollisuuden soveltaa rakennuksen ilmatiiviyysmittauksia myös palokatkojen tarkastamiseen. Lisäksi rakennepaksuuksia voidaan mitata erityyppisillä mittalaitteilla, jotta varmistetaan palokatkotuotteiden asianmukainen paksuus ja toimivuus. (RIL 270-2018, 2018, s. 91)

5 Palokatkomassojen vähähiilisyys

Asuinhuoneistojen väliset palokatkoseinät tulivat pakollisiksi vasta 1990-luvulla, (KITA, 2020) minkä vuoksi useiden korjaushankkeiden yhteydessä on tarpeen asentaa palokatkoja. Valmisläpivientiratkaisut voivat olla haastavia asentaa jälkikäteen, jolloin palokatkomassojen käyttö voi tarjota joustavamman vaihtoehdon. Uuden rakentamislain mukaisesti rakennusmateriaalien ilmastovaikutukset on otettava huomioon, mikä korostaa vähähiilisten ratkaisujen merkitystä.

Palokatkomassojen hiilijalanjäljen tutkiminen tarjoaa mahdollisuuden aloittaa vähähiilisten materiaalien selvittäminen pienestä ja rajatusta kokonaisuudesta. Tulevaisuudessa rakennusalan kaikilta materiaaleilta edellytetään hiilijalanjäljen ilmoittamista, mikä kannustaa materiaalivalmistajia kehittämään entistä ekologisempia vaihtoehtoja. Hiilineutraaliustavoitteiden myötä vähäpäästöisten palokatkomassojen tutkimus voi tarjota arvokasta tietoa sekä suunnittelijoille, materiaalivalmistajille että urakoitsijoille.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja vertailuanalyysinä ilman erillistä tilaajaa. Tutkimuksen aineisto koostui valmistajien verkkosivuilta saatavilla olevista ympäristöselosteista. Niiden tuotteiden osalta, muun muassa Hilti, (Hilti, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) Soudal, (Soudal, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) ja Tytan, (Tytan, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) joiden tiedot eivät olleet suoraan saatavilla, valmistajiin otettiin yhteyttä sähköpostitse. Vastauksina saatiin yhdeksän tuotteen ympäristöselosteet, jotka toimivat osana analyysin pohjaa. Liitteessä 1 on esitetty valmistajille lähetetty sähköpostiviesti.

Tutkimuksessa kartoitettiin myös tuotteiden hintatietoja, mutta niiden vertailu osoittautui haasteelliseksi. Urakoitsijakohtaiset hinnat, jälleenmyyjien vaihtelevat hinnoittelukäytännöt sekä joidenkin tuotteiden hintatietojen puuttuminen estivät kattavan hintavertailun.

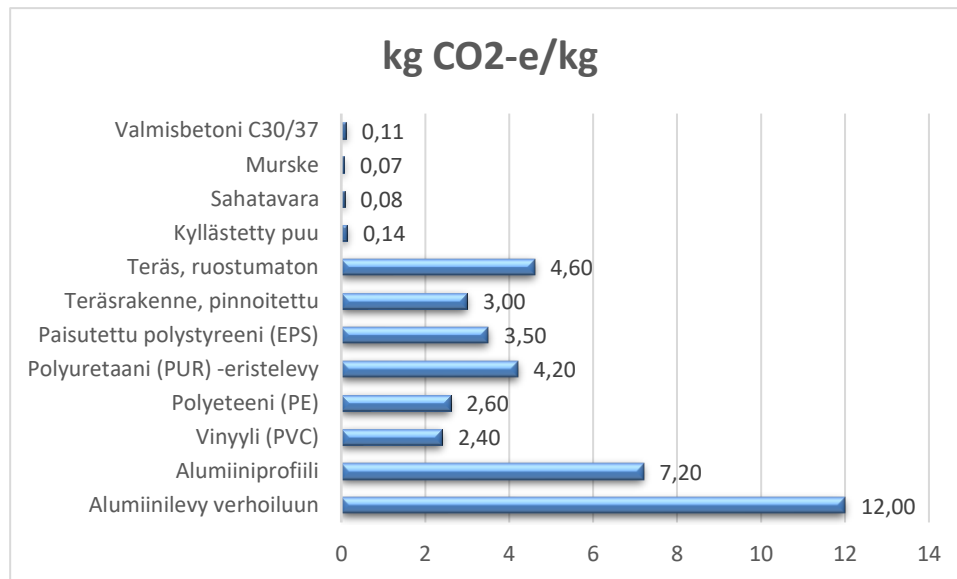
Tutkimukseen vertailtaviksi valittiin kymmenen eri valmistajan palokatkomassat, joiden päästöjä tutkittiin ympäristöselosteista, EPD-dokumenteista, saatujen tietojen perusteella. Tutkimuksessa mukana olleet tuotevalmistajat olivat Hilti, (Hilti Oy, n.d.) Firesafe, (Firesafe, n.d.) Mulcol, (CG-Professional, n.d.-b) Nullifire, (Nullifire, n.d.) Sika, (Sika Finland, n.d.) Soudal, (Soudal, n.d.) Sewatec, (Sewatek, n.d.) Penosil, (Penosil Finland, n.d.) Profiseal (CG-Professional, n.d.-a) ja Tytan. (Rakennuskemia, n.d.) Liitteessä 2 on esimerkkinä EPD-dokumentti valmistajalta Nullifire. Kyseisestä dokumentista ilmenee hiilidioksidipäästöjen määrä tuotteille FS702, FS709 ja FS719.

Palokatkomassat eroavat toisistaan muun muassa tiheyden suhteen – osa tuotteista on tiiviitä ja painavia, kun taas toiset kevyitä ja vaahtomaisia. Tästä syystä tuotteiden vertailu edellytti menetelmää, joka mahdollistaa niiden tarkastelun samassa mittayksikössä. Kunkin tuotteen hiilijalanjälki laskettiin hiilidioksidiekvivalenttina kuutiodesimetriä kohden, jossa yksi dm^3 vastaa yhtä litraa. Näin mahdollistettiin tuotteiden päästöjen vertailu niiden menekkiin perustuen.

Elinkaariarvioinnin tulokset osoittavat, että rakennustuotteiden valmistuksen päästöt vaihtelevat muutamasta grammasta useisiin kilogrammoihin hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden. Materiaalien valmistuksen päästömäärien vertailun helpottamiseksi kuvassa 10 esitetään esimerkkejä eri materiaalien aiheuttamista päästöistä. Esimerkiksi vähän prosessoiduilla tuotteilla, kuten murskeella, päästöt ovat vain seitsemän grammaa kilogrammaa kohden, sahatavaralla kahdeksan grammaa ja kyllästetyllä puulla 140 g kilogrammaa kohden. Valmisbetonilla luku on noin sata grammaa, kun taas eri teräslaaduilla määrä on 3,0–4,6 kilogrammaa. Eniten päästöjä syntyy tuotteista, joiden

valmistus vaatii korkeita lämpötiloja, kuten alumiini, joka tuottaa 7,2–12,0 kilogrammaa kiloa kohden. Muovipohjaisten tuotteiden päästöt sijoittuvat keskitasolle, vaihdellen välillä 2,4–4,2 kilogrammaa kiloa kohden. Näissä esimerkeissä on laskettu yhteen elinkaarivaiheiden moduulit A1-A3. (Suomen ympäristökeskus, 2025)

Kuva 10 Rakennusmateriaalien valmistuksen hiilijalanjäljen arvoja. (Suomen ympäristökeskus, 2025)



5.1 Tutkimuksen toteutus

Palokatkomassat valittiin tutkimuskohteeksi samankaltaisten fyysisten ominaisuuksien vuoksi. Kyseiset materiaalit ovat yleensä tahnamaisia, pastamaisia ja pursotettavia, mikä mahdollistaa niiden vertailun yhtenäisessä kontekstissa. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa eri tuotteiden ja materiaalien hiilijalanjäljestä ja näin tarjota pohjaa ympäristötietoiseen tuotevalintaan rakennusalalla. Jotta eri tuotteiden vertailu olisi mahdollista, ne jaoteltiin pääraaka-ainemateriaalin mukaan polyuretaani-, hybridipolymeeri-, akryyli-, silikoni- ja grafiittipohjaisiin tuotteisiin.

Tutkimuksen laajentamiseksi tarkasteltiin myös FEICAn (the Association of the European Adhesive and Sealant Industry) teettämiä model-EPD-dokumentteja eli yleismallin ympäristöselosteita tiivistysmassoille. Niiden pohjalta voitiin määrittellä hiilidioksidiekvivalentit tuotteille, joiden osalta EPD-tietoja ei ollut saatavilla lainkaan. FEICA on julkaissut nämä yleismallin ympäristöselosteet dispersio-, polyuretaani-, hybridipolymeeri- sekä silikonipohjaisille tuotteille. Dispersiopohjaiset tuotteet ovat jaoteltu

ryhmiin 1–4, polyuretaani- tai hybridipolymeeripohjaiset tuotteet ryhmiin 1–6 ja silikonipohjaiset tuotteet ryhmiin 1–3. Ryhmien kategorisointi perustuu VOC-päästöjen määrään, eli mitä vähemmän VOC-päästöjä tuotteella on, sen pienempään ryhmään se kuuluu. Esimerkiksi kaikkien materiaalien ryhmän 1 model-EPD-dokumenttien suurin sallittu VOC-päästöjen määrä on ≤ 1 % tuotettua materiaalikilogrammaa kohden. (FEICA, 2022)

Niiden tuotteiden osalta, joilla ei ollut saatavilla ympäristöselosteita, VOC-päästöjen määrää verrattiin model-EPD-dokumentissa ilmoitettuun sallittuun enimmäisarvoon. Mikäli tuotteen teknisissä tuoteselosteissa ei ollut mainintaa VOC-päästöistä, sille määritettiin päästölukemat suurimman ryhmän model-EPD-dokumentin perusteella. Lisäksi arvioitiin saman materiaalikategorian tuotteiden teknisiä ominaisuuksia, minkä avulla voitiin määrittää, minkä ryhmän valmista model-EPD-dokumenttia voitiin soveltaa päästömäärien arviointiin. Samankaltaisten tuotteiden vertailun perusteella voitiin todeta, että päästöjen suuruusluokka oli yhtenevä eri tuotteiden välillä.

Tutkimuksessa havaittiin, että vain yhdelle grafiittipohjaiselle tuotteelle oli saatavilla ympäristöseloste. Lisäksi FEICAn verkkosivuilta ei löytynyt kyseistä materiaalia koskevaa tietoa. Tästä syystä tarkasteltiin The International EPD System -sivustoa, josta löydettiin ympäristöselosteet kolmelle grafiittipohjaiselle palokatkomassalle. Kyseiset tuotteet eivät kuitenkaan ole saatavilla Suomen markkinoilla. Näiden palokatkomassojen teknisiä tuoteselosteita analysoitiin ja verrattiin tutkimuksessa mukana oleviin grafiittipohjaisiin tuotteisiin. Ympäristöselosteiden pohjalta määritettiin hiilidioksidipäästöt niille tuotteille, joiden tekniset ominaisuudet vastasivat tarkasteltuja tuotteita. Niille tuotteille, joita ei voitu suoraan verrata olemassa oleviin ympäristöselosteisiin teknisten suorituskykyjen perusteella, määritettiin päästöt keskiarvona saatavilla olevien EPD-tietojen pohjalta. (EPD International EPD System, n.d.)

Palokatkojen hiilidioksidipäästöjen arvioinnissa tarkasteltiin elinkaaren eri vaiheita ja niiden aiheuttamia päästöjä. Laskennassa otettiin huomioon vain GWP-total indikaattori, jonka avulla arvioitiin kokonaisilmastovaikutuksia. Päästöjen arvioinnissa yhteen laskettiin informaatiomodulit A1-A3, A4 ja A5. Moduulit A1-A3 kuvaavat tuotteen valmistuksesta syntyviä päästöjä, kun taas moduulit A4 ja A5 liittyvät rakentamisvaiheen päästöihin.

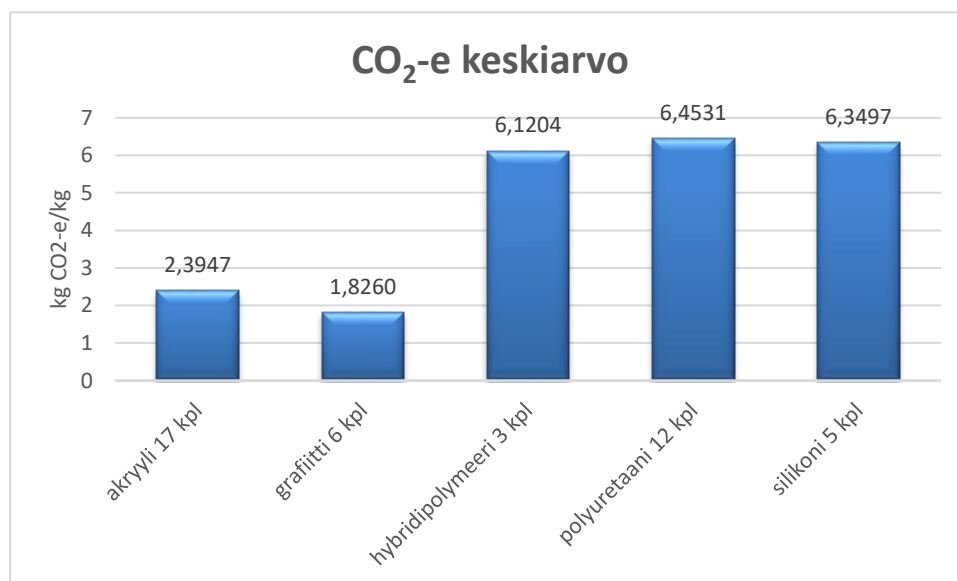
Suomen ympäristökeskuksen tarjoamassa rakentamisen päästötietokannassa esitetään GWP-total-päästöistä vain moduulit A1-A3 yhteenlaskettuna, mutta koska moduulit A4 ja A5 kuvaavat materiaalien rakentamisvaiheessa syntyviä päästöjä, ovat ne olennainen osa

tuotteen kokonaisilmastovaikutusta. Koska tutkimuksen tavoitteena oli arvioida palokatkomassojen hiilidioksidipäästöjä rakentamisen näkökulmasta mahdollisimman kattavasti, oli perusteltua sisällyttää myös rakentamisvaiheen päästöt kokonaislaskentaan. Näin saatiin realistinen kuva tuotteen ympäristövaikutuksista koko rakennusprosessin ajalta.

5.2 Tuloksien analysointi

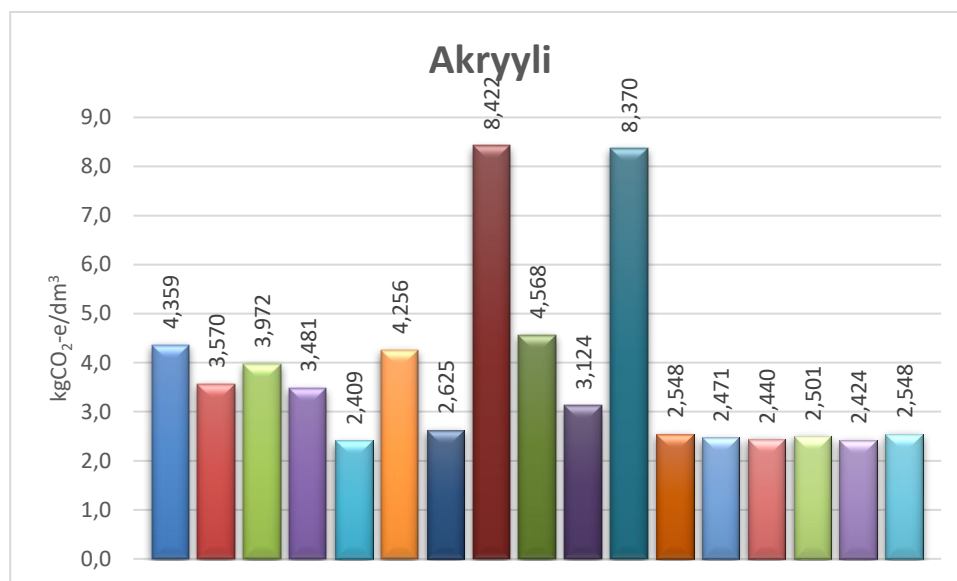
Tutkimuksissa havaittiin, että akryylipohjaisia palokatkomassoja oli määrällisesti eniten, sillä 43:sta tutkitusta tuotteesta 17 koostui akryylidispersioista tai akryylimassoista. Kuvassa 11 esitetään eri materiaalien keskimääräiset hiilidioksidiekvivalentit tuotettua kiloa kohden. Akryylipohjaisten massojen päästöt olivat keskimäärin alhaisempia, noin 2,4 kg CO₂-e/kg. Vieläkin pienemmät päästöt havaittiin grafiittipohjaisilla tuotteilla, joiden keskimääräinen arvo oli 1,8 kg CO₂-e/kg. Grafiittituotteita oli kuitenkin vain kuusi, mikä rajoittaa niiden osuutta aineistossa. Hybridipolymeeripohjaisia tuotteita oli kaikkein vähiten, vain kolme, ja niiden keskiarvoinen päästömäärä oli noin 6,1 kg CO₂-e/kg. Suurimmat päästöt todettiin polyuretaanipohjaisilla tuotteilla, joiden keskimääräinen hiilidioksidiekvivalentti ylitti 6,4 kg CO₂-e/kg. Polyuretaanituotteita aineistossa oli yhteensä 12. Silikonipohjaisia tuotteita puolestaan oli viisi, ja niiden keskimääräiset päästöt olivat noin 6,3 kg CO₂-e tuotettua kiloa kohden.

Kuva 11 Hiilidioksidipäästöjen keskiarvot materiaaleittain.



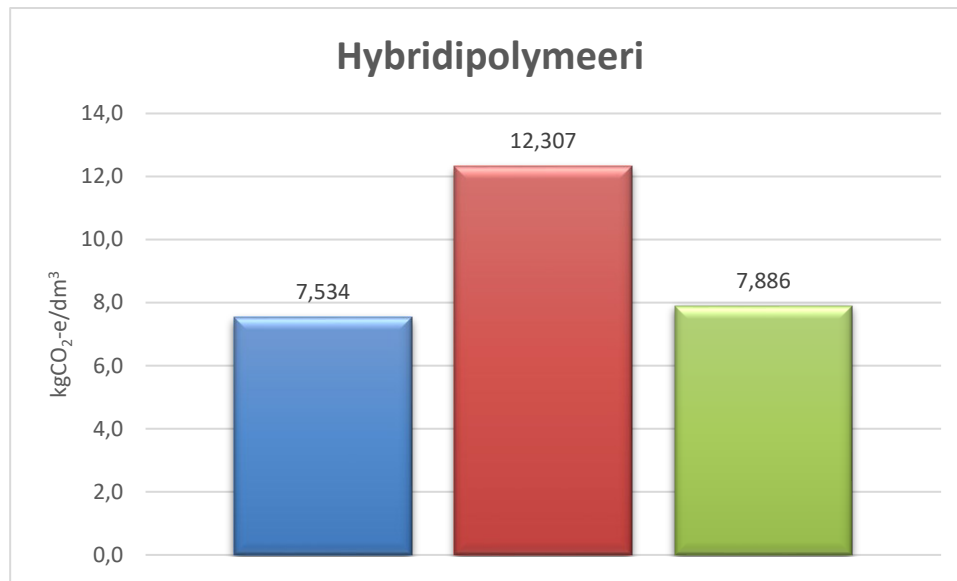
Kuva 12 esittää akryylipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalenteja. Tuotteista kahdeksan tuotti noin 2,5 kg CO₂-e tuotetta dm³ kohden, mikä on kohtuullisen maltillinen määrä päästöjä. Kaksi tuotteista tuotti jopa yli 8,3 kg CO₂-e dm³ kohden, mikä osoittaa, että tuotteet ovat kuormittavampia ympäristön kannalta. Kolmen tuotteen päästöt ylittivät 4,2 kg CO₂-e dm³ kohden ja kolme tuotetta tuottivat kukin alle 4,0 kg CO₂-e tuotetta dm³ kohden. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että akryylipohjaiset tuotteet ovat pääsääntöisesti vähäpäästöisiä, mutta joukossa on yksittäisiä poikkeuksia, joiden hiilijalanjälki on huomattavasti suurempi.

Kuva 12 Akryylipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.



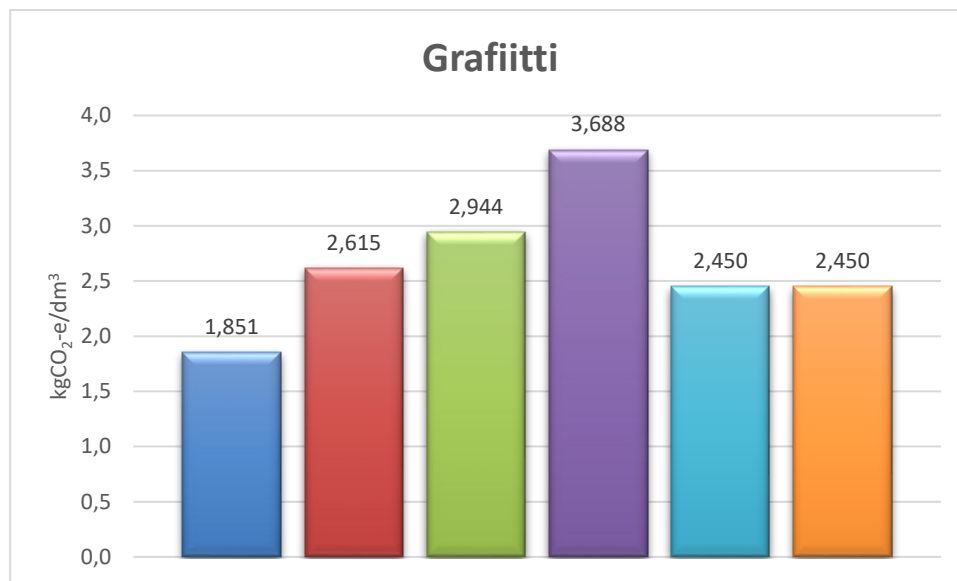
Kuvassa 13 esitetään hybridipolymeeripohjaisten palokatkomassojen hiilidioksidiekvivalentit. Tuotteiden määrän ollessa vähäinen, ei voida tehdä suurempia johtopäätöksiä päästöjen ympäristövaikutuksista, vaikka päästöt olivatkin kohtalaisen korkeat. Kaksi kolmesta tuotteesta tuotti päästöjä alle 8,0 kg CO₂-e dm³ kohden, kun yksi tuotteista erottui selkeästi muista tuotteista suurilla päästöillään, ylittäen 12,3 kg CO₂-e/dm³.

Kuva 13 Hybridipolymeeripohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.



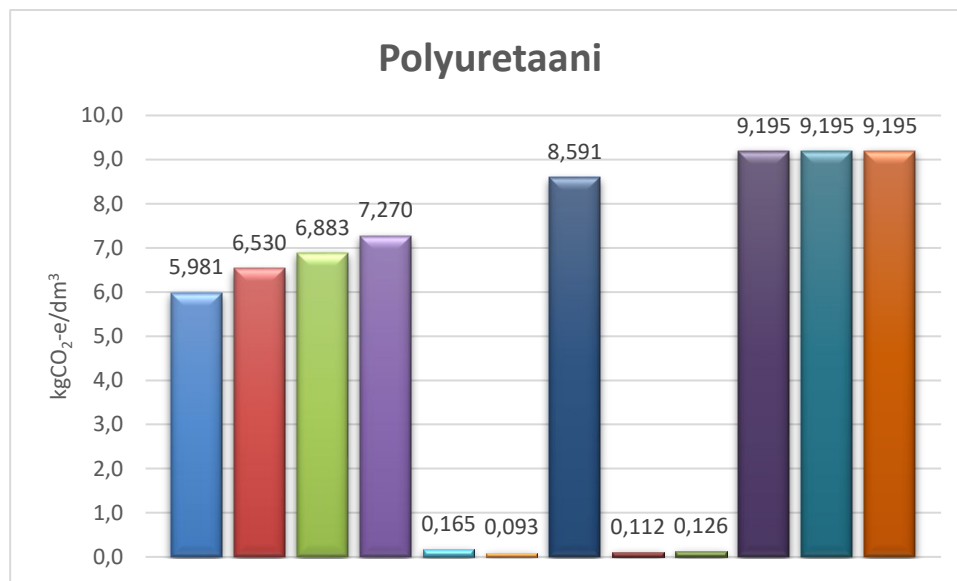
Kuvassa 14 esitetään grafiittipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit. Vaikka tutkimuksissa olleiden grafiittipohjaisten tuotteiden ympäristöselosteita ei löytynyt valmistajien verkkosivuilta, tuloksiin saatiin vertailukelpoisia lukuja. Kuudesta tuotteesta kaksi tuotti noin 2,4 kg CO₂-e dm³ kohden. Alhaisimmat päästöt olivat noin 1,8 kg CO₂-e/dm³, ja korkeimman tuotteen päästöt noin 3,7 kg CO₂-e/dm³. Loput kaksi tuotetta tuottivat päästöjä noin 2,6 kilogramman ja hieman alle 3,0 kilogramman CO₂-e/dm³. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että grafiittipohjaisilla tuotteilla hiilidioksidipäästöjen määrä on kohtuullisella tasolla.

Kuva 14 Grafiittipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.



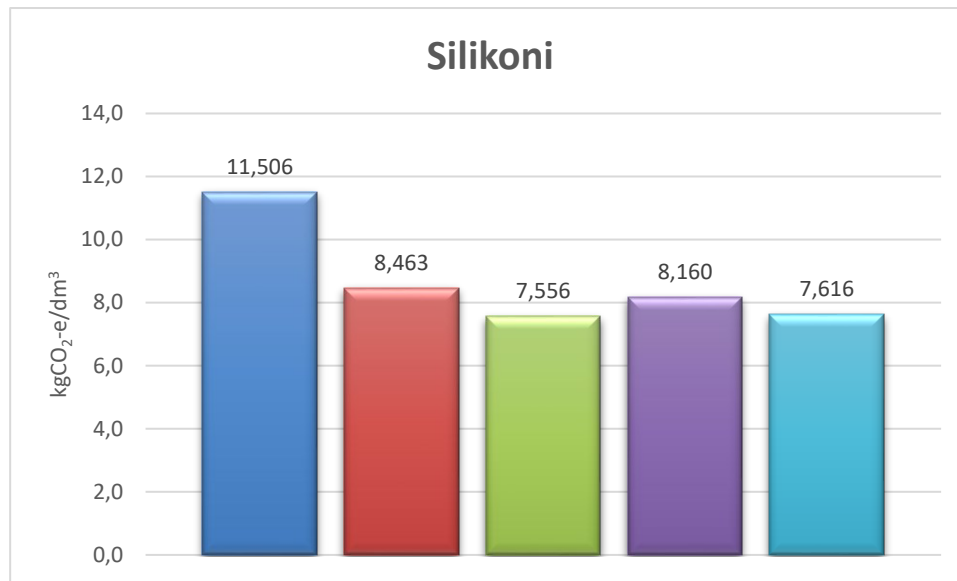
Kuva 15 havainnollistaa polyuretaanipohjaisten tuotteiden hyvin vaihtelevia päästömääriä. Neljän tuotteen päästömäärät kuutiodesimetriä kohden olivat huomattavan vähäiset, mikä johtuu tuotteiden koostumuksesta ja paisuvuudesta. Näillä tuotteilla päästöt olivat alle 0,17 kg CO₂-e dm³ kohden, vähäisimmillään jopa alle 0,1 kg CO₂-e/dm³. Toisaalta kolmen tuotteen päästömäärät olivat erittäin korkeat ylittäen 9,1 kg CO₂-e dm³ kohden. Tämä puolestaan selittyy tuotteiden tiheydestä ja vähäisestä paisuvuudesta. Yksi tutkituista tuotteista aiheutti päästöjä noin 8,6 kg CO₂-e/dm³ ja yksi noin 7,3 kg CO₂-e/dm³. Vähiten päästöjä aiheuttanut polyuretaanipohjainen tuote tuotti hieman alle 6,0 kg CO₂-e dm³ kohden ja muut kaksi noin 6,5–6,9 kg CO₂-e dm³ kohden.

Kuva 15 Polyuretaanipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.



Kuva 16 esittää silikonipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit. Tutkimuksissa todettiin, että silikonipohjaisten tuotteiden hiilidioksidipäästöt olivat kohtalaisen korkeat, eikä päästöjen määrässä havaittu kovinkaan paljon poikkeamia. Yksi tuotteista tuotti huomattavasti enemmän päästöjä kuin muut neljä tuotetta. Sen päästöt olivat jopa yli 11,5 kg CO₂-e dm³ kohden. Kahden tuotteen päästöt olivat noin 7,6 kg CO₂-e/dm³ ja kahden muun tuotteen päästöt olivat 8,1–8,5 kg CO₂-e/ dm³ välillä.

Kuva 16 Silikonipohjaisten tuotteiden hiilidioksidiekvivalentit.



5.3 Materiaalien tekninen vertailu

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että akryylipohjaiset massat soveltuvat erityisesti läpivientien ja rakennesaumojen tiivistämiseen ja suurin osa tuotteista on maalattavissa, mikä lisää niiden käyttömahdollisuuksia rakennuskohteissa. Lisäksi osa akryylituotteista oli saanut M1- tai EC1-sisäilmaluokituksen, mikä osoittaa niiden alhaiset VOC-päästöt ja soveltuvuuden sisätilakäyttöön. Akryylipohjaisten massojen käyttö ulkotiloissa on kuitenkin rajoitettua, sillä vain yksi tutkituista tuotteista oli hyväksytty ulkokäyttöön. Paloteknisten ominaisuuksien osalta 11 tuotetta 17:stä täytti palo-osastoinnin tiiviys- ja eristävyysvaatimukset 240 minuutin ajan, mikä osoittaa niiden tehokkuuden palokatkoratkaisuissa. Jokaisella valmistajalla oli vähintään yksi akryylipohjainen tuote valikoimassaan. Massojen tiheys vaihteli 1,4–1,7 kg/l välillä, mikä voi vaikuttaa tuotteen levitettävyyteen ja suorituskykyyn eri käyttökohteissa.

Hybridipolymeeripohjaiset tuotteet soveltuvat sekä sisä- että ulkokäyttöön, mikä johtuu niiden hyvästä sään- ja UV-säteilyn kestäväydestä. Kaikki tutkitut tuotteet olivat maalattavissa, ja lisäksi kaksi niistä oli saanut sisäilmaluokituksen, mikä viittaa alhaisiin VOC-päästöihin ja soveltuvuuteen puhtaan sisäilman vaatimukseen. Kaksi tutkittua tuotetta täyttivät palo-osastoinnin tiiviyn ja eristävyysvaatimukset 240 minuutin ajan. Käyttökohteiden osalta kaikki hybridipolymeerituotteet soveltuvat rakennesaumolle, yksi tuote oli lisäksi tarkoitettu läpivienneille, ja toinen soveltui myös liikuntasauvoille. Ääneneristyskyvyltään kaksi tuotetta erottui edukseen, niiden ilmoitetun ääneneristävyyden ollessa erittäin korkea,

63–66 dB. Massan tiheys oli kaikissa hybridipolymeeripohjaisissa tuotteissa noin 1,5 kg/l, mikä tekee niistä rakenteellisesti yhtenäisen tuoteryhmän.

Grafiittipohjaisilla tuotteilla oli vähiten ilmoitettuja teknisiä ominaisuuksia verrattuna muihin tutkittuihin tuoteryhmiin. Kaikki tuotteet soveltuivat ainoastaan läpivientien tiivistämiseen, eikä yksikään ollut tarkoitettu ulkokäyttöön. Palonkestävyydeltään grafiittipohjaisten tuotteiden tiiviys ja eristävyys vaihtelivat 120–240 minuutin välillä. Neljä tuotetta saavutti 240 minuutin palonkestävyyden. Lisäksi kolme tuotetta oli saanut sisäilmaluokitussertifikaatin, mikä viittaa mataliin VOC-päästöihin. Ääneneristävyys oli korkea, vaihdellen 53–62 dB:n välillä, mikä tekee tuotteista tehokkaita akustisessa eristyksessä. Maalattavuus oli grafiittipohjaisilla tuotteilla harvinaista, sillä vain yksi tuote oli ilmoitettu päälle maalattavaksi. Tuotteiden tiheys vastasi akryylipohjaisten tuotteiden tiheyttä ollen 1,3–1,6 kg/l.

Polyuretaanipohjaiset tuotteet tuottivat keskimäärin suurimmat hiilidioksidipäästöt kilogrammaa kohden verrattuna muihin tutkittuihin materiaalityyppeihin. Toisaalta polyuretaanipohjaiset massat ovat keskimäärin kevyempiä litraa kohden, mikä vaikuttaa niiden kokonaiskäyttöön ja päästöihin suhteessa käytettyyn tilavuuteen. Polyuretaanipohjaisten tuotteiden tiheys vaihteli merkittävästi tuotemerkkikohtaisesti. Painavimman tuotteen tiheys oli noin 1,3 kg/l, mikä vastaa lähes akryylipohjaisten tuotteiden painoluokkaa. Polyuretaanipohjaiset tuotteet tarjosivat laajemmat tekniset ominaisuudet. Tuotteiden tiiviys ja eristävyys vaihteli 120–240 minuutin välillä tuotekohtaisesti. Viisi tuotetta ylsi 240 minuuttiin palonkestävyydessä. Käyttökohteiden osalta valtaosa tuotteista soveltui sekä läpivienneille että rakennesaumoille, ja yksi tuote oli suunniteltu myös liikuntasaumoihin. Lisäksi seitsemän tuotetta oli saanut sisäilmaluokitussertifikaatin. Vain yksi tutkittu tuote oli maalattavissa.

Silikonipohjaiset tuotteet tarjosivat monipuolisimmat käyttökohteet, sillä ne soveltuvat liikuntasaumoihin, rakennesaumoihin ja läpivienteihin sekä korkean palo-osastoinnin vaatimustason kohteet. Neljä viidestä tuotteesta saavutti tiiviydeltään ja eristävydeltään 240 minuuttia, mikä osoittaa niiden tehokkuuden palokatkokäytössä. Silikonipohjaisilla tuotteilla oli hyvä sään- ja UV-säteilyn kesto, minkä ansiosta jokainen tuote soveltui ulkokäyttöön. Toisaalta tuotteet eivät olleet maalattavissa, mikä voi rajoittaa niiden visuaalista soveltuvuutta tietyissä kohteissa. Osa tuotteista oli saanut myös sisäilmaluokitussertifikaatin. Vain kahdelle tuotteelle oli ilmoitettu ääneneristävyyslukummat, jotka olivat 51 dB ja 66 dB. Silikonipohjaisten tuotteiden tiheys vaihteli 1,2–1,5 kg/l välillä, mikä sijoittaa ne painoluokaltaan lähelle akryylipohjaisia ja grafiittipohjaisia tuotteita.

5.4 Palokatkomassavalitsin (lopputuote)

Lopputuotoksena kehitettiin Excel-taulukkoon perustuva palokatkomassavalitsin, jota voidaan tarvittaessa muokata ja päivittää. Valitsin mahdollistaa sopivan palokatkomassan etsimisen eri rakennuskohteisiin ja käyttöolosuhteisiin. Käyttäjä voi suodattaa tuotteita valitsemalla haluamansa käyttökohteen läpiviennit, rakennesaumamat ja liikuntasaumamat.

Lisäksi taulukossa voidaan valita haluttu tiiviyn ja eristävyden maksimi minuuttimäärä, 120, 180 tai 240 minuuttia. Jokaiselle tuotteelle on ilmoitettu myös mahdolliset ääneneristävyyslukemat, mikä auttaa valitsemaan tuotteen akustisen vaatimusten mukaisesti.

Valitsin tarjoaa myös mahdollisuuden rajata haku materiaalin perusteella, jolloin käyttäjä voi kohdistaa valinnan joko akryyli- polyuretaani-, silikoni-, hybridipolymeeri-, grafiitti- tai useampipohjaisiin tuotteisiin. Jokaisesta tuotteesta on ilmoitettu hiilidioksidipäästöjen yhteenlaskettu summa moduuleista A1-A5, tuotteen paino dm^3 sekä kiloa kohden, maalattavuus, valmistajan ja tuotteen nimi sekä mahdollinen sisäilmaluokitus. Valinnan helpottamiseksi jokaiselle tuotteelle on myös suora linkki kyseisen tuotteen verkkosivulle, josta voi tarkistaa kunkin tuotteen tarkemmat tekniset tiedot ja sopivuus omaan hankkeeseen.

Liitteessä 3 esitetään ote tuotevalitsimesta. Tämä valitsin tarjoaa selkeän ja tehokkaan työkalun, jonka avulla alan ammattilaiset voivat valita ympäristöystävällisimmän ja teknisesti sopivimman palokatkomassan eri käyttötarkoituksiin.

6 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli lisätä tietoutta palokatkomateriaalien ympäristövaikutuksista ja vähähiilisyden merkityksestä rakennusalalla. Lisäksi työn tavoitteena oli kehittää helppokäyttöinen tuotevalitsin, joka tarjoaa paitsi tekniset tuotetiedot, myös tietoa tuotteiden ympäristöystävällisyydestä. Tavoitteena oli myös vertailla eri palokatkotuotteiden päästöjä ja teknisiä ominaisuuksia. Tutkimustyön tulokset osoittivat, että palokatkomateriaalien hiilidioksidipäästöissä on merkittäviä eroja eri materiaalien välillä. Akryylipohjaiset tuotteet osoittautuivat vähäpäästöisimmiksi, kun taas polyuretaanipohjaisilla tuotteilla oli korkeimmat päästöt kilogrammaa kohden. Toisaalta,

kun tarkastellaan päästöjä tilavuusyksikköä kohden, painoltaan kevyemmät tuotteet voivat joissain tapauksissa olla kokonaisuudessaan ympäristöystävällisempi vaihtoehto.

Yhteenvedona voidaan todeta, että vähäpäästöisten palokatkomassojen valinta on mahdollista niin, että tekninen suorituskyky säilyy, mutta valintaprosessi vaatii tarkkaa harkintaa. Jokainen rakennushanke on erilainen ja vaatimukset vaihtelevat. Huolellinen vertailu varmistaa, että valittu massa täyttää ensisijaisesti tekniset vaatimukset. Vaikka palokatkojen osuus koko rakennushankkeesta on äärimmäisen pieni, jokaisella pienellä valinnalla on vaikutus kokonaispäästöihin. Ympäristötietoisten materiaalityökalujen systemaattinen suosiminen voi osaltaan edistää rakennusalan vähähiilisyyttä ja kestävä kehityksen saavuttamista.

Kerättyä aineistoa voi hyödyntää laajentamaan tuotteiden tarkastelua myös muihin sauma- ja tiivistysaineisiin, kuten esimerkiksi tuotteisiin, joilla ei ole paloteknisiä vaatimuksia, liimoihin ja päällysteisiin. Lisäksi lopputuloksena syntyneitä valitsinta voi kehittää kattamaan kaikki tiivistysmateriaalit tai vaihtoehtoisesti luoda erilliset valitsimet eri materiaaluokille.

Vaikka uusi rakennuslaki edellyttää, että jokaisella rakennushankkeella tulee olla laskettu hiilidioksidipäästö, käytännössä monilta rakennusmateriaaleilta tämä tieto vielä puuttui. Aihe on ollut viime aikoina laajasti esillä uuden rakentamislain myötä, ja oletettavasti ympäristöselosteiden saatavuus ja näkyvyys kasvaa tulevaisuudessa. Vaikka Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämä päästötietokanta tarjoaa jo kattavasti tietoa rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista, rakennushankkeisiin saataisiin tarkempia lukuja, mikäli tuotteita olisi enemmän. Se on kuitenkin jatkuva prosessi, sillä tuotteet kehittyvät ja muuttuvat jatkuvasti.

Elinkaariarvioinnin perusteet eivät sinänsä ole monimutkaisia, mutta laskentaan liittyy useita huomioitavia muuttujia, mikä edellyttää perehtymistä, mahdollisesti koulutusta ja valmiita laskentapohjia. Tässä työssä käytettiin yksinkertaisinta laskentamenetelmää palokatkomassojen päästöjen arviointiin, ja siitä huolimatta tulosten analysointi osoittautui haastavaksi. Tämä korostaa tarvetta sisällyttää hiilijalanjäljen laskenta osaksi suunnittelu- ja hankintaprosesseja, jotta ympäristövaikutusten huomioiminen olisi osa jokapäiväistä työskentelyä ja tulevaisuudessa yhtä itsestään selvä osuus rakennushanketta kuin kustannusseuranta.

Jatkossa olisi tärkeää laajentaa tutkimusta kattamaan entistä suurempi tuotejoukko sekä kehittää työkaluja, joiden avulla rakennusalan toimijat voivat vertailla tuotteiden ympäristövaikutuksia entistä tarkemmin. Kestävä rakentaminen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa tekniset vaatimukset, ympäristövaikutukset ja käytettävyys yhdistyvät optimaaliseksi kokonaisratkaisuksi.

Lähteet

- CG-Professional. (n.d.-a). *CG PROFiSEAL® FSA palokatkot*. Haettu 24.11.2024 osoitteesta <https://cg-professional.fi/tuote-osasto/cg-profiseal-fsa-palokatkotuotteet/>
- CG-Professional. (n.d.-b). *MULCOL palokatkot*. Haettu 15.1.2025 osoitteesta <https://cg-professional.fi/tuote-osasto/mulcol-palokatkotuotteet/>
- EPD International EPD System. (n.d.). *EPD Library*. Haettu 17.3.2025 osoitteesta <https://www.environdec.com/library>
- FEICA. (2022). *EPDs*. Feica. Haettu 17.3.2025 osoitteesta <https://www.feica.eu/our-projects/epds>
- Firesafe. (n.d.). *Palokatko- ja palosuojaustuotteet ammattikäyttöön*. Firesafe. Haettu 7.1.2025 osoitteesta <https://www.firesafe.fi/tuotteet/palokatkotuotteet/>
- Gluecom. (n.d.). *What is polymer? A comprehensive guide to this revolutionary material*. Haettu 14.3.2025 osoitteesta <https://gluecom.eu/en-us/glue-facts-tips/what-is-ms-polymer>
- Hakaste, H., Häkkinen, T., Lahdensivu, J., & Saarimaa, S. (2024). *Elinkaariominaisuudet rakennuksen pitkäikäisyyden edistämiseksi: Säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys kiertotalouden välineinä*. Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-059-0>
- Hilti Oy. (n.d.). *Tiivisteaineet, suihkeet ja päällysteet*. Haettu 7.1.2025 osoitteesta https://www.hilti.fi/c/CLS_FIRESTOP_PROTECTION_7131/CLS_FIRESTOP_SEALANTS_SPRAY_7131
- Häkkinen, T., & Kuittinen, M. (2020). *Kohti vähähiilistä rakentamista—Opas arviointiin ja suunnitteluun*. Rakennustieto Oy.
- KITA. (2020). *Katkaise tulen tie!* <https://www.kita.fi/natiivi/2500/katkaise-tulen-tie>
- Kivimaa, P., Heikkinen, M., Huttunen, S., Jaakkola, J., Juhola, S., Juntunen, S., Kaljonen, M., Käyhkö, J., Leino, M., Loivaranta, T., Lundberg, P., Lähteenmäki-Uutela, A., Näkkäljärvi, K., Sivonen, M. H., & Vainio, A. (2023). *Ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden arviointi*. Suomen ilmastopaneeli. <https://doi.org/10.31885/9789527457184>

- Laine, A., Raivio, T., Jonsson, H., Heino, A., Klimscheffskij, M., & Lehtomäki, J. (2020). *Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035, Osa 1, Rakennetun ympäristön hiilielinkaaren nykytila*. Gaia Consulting Oy. <https://rt.fi/wp-content/uploads/2023/11/rt-1-rakennetun-ympariston-hiilielinkaaren-nykytila.pdf>
- Nullifire. (n.d.). *Palokatkotuotteet, jotka estävät savun ja tulen leviämisen*. Haettu 11.11.2024 osoitteesta <https://www.nullifire.com/fi-fi/tuotteet/tuoteryhmaet/palokatkotuotteet/>
- Pelastuslaki 379/2011. (2011). https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/379#chp_1_sec_2av20181353_heading
- Penosil Finland. (n.d.). *Palosuojaus / Korkeat lämpötilat*. Haettu 7.1.2025 osoitteesta <https://penosil.com/fi/tuote-osasto/kayttokohteet/palosuojaus-korkeat-lampotilat/>
- Rakennuskemia. (n.d.). *TYTAN Professional*. Haettu 15.1.2025 osoitteesta <https://rakennuskemia.fi/collections/tytan-professional>
- Rakennustieto. (2025). *Rakennustiedon EPD-ympäristöseloste*. <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-epd>
- Rakentamislaki 751/2023. (2023). <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751>
- RIL 270-2018. (2018). *Palokatkojen suunnittelu, toteutus ja huolto*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Sewatek. (n.d.). *Palokatkovalitsin*. Haettu 12.11.2024 osoitteesta <https://sewatek.com/tuotevalitsin/>
- SFS-EN 15804:2012 + A2:2019. (2019). *Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14025. (2010). *Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet, periaatteet ja menettelyt*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. (2020). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14067:2018. (2018). *Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sika Finland. (n.d.). *Lineaariset saumat*. Haettu 7.1.2025 osoitteesta

<https://fin.sika.com/fi/rakentaminen/saumaus-ja-tiivistys/sika-passiviinen-palosuojaus/lineaariset-saumat.html>

Soudal. (n.d.). *Palokatkot*. Haettu 9.11.2024 osoitteesta <https://www.soudal.fi/pro/palokatkot>

Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat laskussa. (24.11.2022). *Suomen ympäristökeskus*.

<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-kasvihuonekaasupaastot-ovat-laskussa>

Suomen Palokatkoystdistys ry. (2019). *Palokatko-opas 2019*. [https://palokatkoystdistys.fi/pdf/Palokatko-](https://palokatkoystdistys.fi/pdf/Palokatko-opas-22052019.pdf)

[opas-22052019.pdf](https://palokatkoystdistys.fi/pdf/Palokatko-opas-22052019.pdf)

Suomen ympäristökeskus. (2025). *Rakentamisen päästötietokanta*. <https://co2data.fi/rakentaminen/>

Talotekniikkainfo. (n.d.). *5.4 Rakennusosien ja tarvikkeiden luokat*.

<https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/54-rakennusosien-ja-tarvikkeiden-luokat>

Tilastokeskus. (2025a). *Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa, ilman LULUC-sektoria*.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px/table/tableViewLayout1/

Tilastokeskus. (2025b). *Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa, Teollisuus ja rakentaminen*.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px/table/tableViewLayout1/

Ympäristöministeriö. (n.d.-a). *Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta*.

<https://ym.fi/kysymyksiä-ja-vastauksia-vähähiilisestä-rakentamisesta>

Ympäristöministeriö. (n.d.-b). *Rakentamislaki sujuvoittaa rakentamista ja edistää päästövähennyksiä ja kiertotaloutta*. <https://ym.fi/rakentamislaki>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. (2020).

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2017/848>

Liite 1. Opinnäytetyön aineistonhallintasuunnitelma

1 Opinnäytetyön aineiston kuvaus

Aineistonhankinnan menetelmänä palokatkomateriaaleista toimii yleisesti verkosta saatavilla olevien tietojen kerääminen, sekä niiden vertailu keskenään. Laaditaan Excel - taulukko tarkempaa analysointia varten. Lisäksi kysytään palokatkotuotteiden valmistajilta sekä jälleenmyyjiltä tarkempia tietoja hiilidioksidipäästöistä sekä kustannuksista sähköpostitse tekstitiedostona. Perehdytään julkiseen kirjalliseen materiaaliin hiilidioksidipäästöjen osalta.

2 Aineiston tallennus ja säilytys

Aineisto tallennetaan ja sitä käsitellään opinnäytetyön tekijän omalla salasanalla suojatulla tietokoneella. Aineistosta tallennetaan erilliseen kansioon varmuuskopiot, joista säilytetään erillään analysoitavasta tiedostoista. Opinnäytetyön tekijän lisäksi aineistoa käsittelee mahdollisesti myös opinnäytetyön ohjaaja.

3 Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä henkilötietoja, arkaluonteista tutkimusaineistoa tai salassa pidettävää tietoa.

4 Aineiston omistajuus

Opinnäytetyön aineiston sekä tulokset omistaa opinnäytetyön tekijä.

5 Aineiston jatkokäyttö työn valmistumisen jälkeen

Opinnäytetyön tutkimusaineistoa ei jatkokäytetä. Aineisto säilytetään tietoturvallisesti vuoden ajan opinnäytetyön hyväksymispäivästä, jotta opinnäytetyön tulokset ja aineisto voidaan tarvittaessa varmistaa ja hävittää tämän jälkeen tietoturvallisesti.

Liite 2. Sähköpostitse lähetetyt kysymykset

Hei,

Olen kolmannen vuoden rakennusmestariopiskelija Hämeen ammattikorkeakoulusta ja teen opinnäytetyötä palokatkomateriaaleista ja vertailen niiden hiilidioksidipäästöjä. En löytänyt nettisivuiltanne materiaalien EPD-ympäristöselosteita, tarkemmin sanottuna tiivistävien palokatkomassojen ja vaahtojen osalta. Löytyisikö teiltä mahdollisesti kyseisiä dokumentteja, joita voisin käyttää opinnäytetyössäni?

Lisäksi vertailen kustannuksia kyseisistä materiaaleista. Olisiko mahdollista saada myös jonkinlainen hinnoittelu esimerkiksi laatikoittain tai myyntierittäin? Entä vaikuttaako tilattu määrä oleellisesti hintaan?

Olisin kiitollinen, jos voisitte toimittaa seuraavista tuotteista EPD:t ja hintatiedot helmikuun 14. päivään mennessä.

Liite 3. Ote EPD-dokumentista

5. LCA: Results

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; ND = MODULE OR INDICATOR NOT DECLARED; MNR = MODULE NOT RELEVANT)

PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	ND	ND	MNR	MNR	MNR	ND	ND	X	X	X	ND	X

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT according to EN 15804+A2: 1 kg of dispersion-based product, group 3

Core Indicator	Unit	A1-A3	A4	A5	C1	C2	C3	D
GWP-total	[kg CO ₂ -Eq.]	2.60E+0	5.11E-2	1.86E-1	2.33E-4	1.04E-2	7.90E-1	-3.43E-1
GWP-fossil	[kg CO ₂ -Eq.]	2.64E+0	5.06E-2	1.01E-1	2.23E-4	9.90E-3	3.59E-1	-3.42E-1
GWP-biogenic	[kg CO ₂ -Eq.]	-4.72E-2	1.48E-4	8.53E-2	1.03E-5	4.54E-4	4.31E-1	-7.74E-4
GWP-luluc	[kg CO ₂ -Eq.]	5.01E-3	4.10E-4	5.16E-5	5.35E-9	2.34E-7	2.93E-5	-2.17E-4
ODP	[kg CFC11-Eq.]	7.23E-10	6.08E-18	7.23E-12	2.37E-20	1.04E-18	2.53E-16	-3.22E-15
AP	[mol H ⁺ -Eq.]	1.33E-2	1.52E-4	1.57E-4	3.01E-6	3.12E-5	4.39E-4	-4.55E-4
EP-freshwater	[kg P-Eq.]	7.54E-5	1.54E-7	7.57E-7	4.81E-11	2.10E-9	8.66E-8	-4.00E-7
EP-marine	[kg N-Eq.]	2.39E-3	6.75E-5	3.12E-5	1.37E-6	1.43E-5	1.68E-4	-1.20E-4
EP-terrestrial	[mol N-Eq.]	2.35E-2	7.56E-4	3.48E-4	1.50E-5	1.58E-4	2.11E-3	-1.29E-3
POCP	[kg NMVOC-Eq.]	7.66E-3	1.33E-4	9.65E-5	4.11E-6	2.83E-5	4.36E-4	-3.47E-4
ADPE	[kg Sb-Eq.]	1.65E-6	3.63E-9	1.68E-8	6.74E-12	2.94E-10	3.86E-9	-5.24E-8
ADPF	[MJ]	4.94E+1	6.73E-1	5.26E-1	3.19E-3	1.39E-1	4.62E-1	-5.79E+0
WDP	[m ³ world-Eq deprived]	4.24E-2	4.52E-4	1.68E-2	4.40E-7	1.92E-5	1.31E-1	-3.20E-2

Caption GWP = Global warming potential; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; AP = Acidification potential of land and water; EP = Eutrophication potential; POCP = Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants; ADPE = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; ADPF = Abiotic depletion potential for fossil resources; WDP = Water (user) deprivation potential

