

PARMA GREEN -PYSÄKÖINTITALOKONSEPTIN MÄÄRITTELY



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tieto- ja viestintäteknikka, biotalous, Forssa

Kevät 2023

Heini Saloinen

Tieto- ja viestintätekniikka, Biotalous koulutus

Tekijä Heini Saloinen

Työn nimi Parma Green pysäköintitalokonseptin määrittely

Ohjaaja Tero Ahvenharju

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Maankäyttö- ja rakentamislaki muuttuu 1.1.2025 ja uuden lain mukaisesti rakentamista ohjataan vähähiilisemmäksi. Siten rakennusten hiilijalanjäljet tulee selvittää. Lisäksi ihmisten ympäristötietoisuus on lisääntynyt, joten entistä useampi haluaa tietää rakentamisen ympäristövaikutuksista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää Parma Oy:lle vähähiilinen pysäköintitalokonsepti, jotta olisi mahdollista tarjota asiakkaille ympäristöystävällinen vaihtoehto perinteisen pysäköintitalon rinnalle. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Parma Oy, joka on Suomen suurimpia betonielementtien valmistajia ja kuuluu kansainväliseen Consolis-konserniin. Parma Green -pysäköintitalon määrittäminen on osa Parman ympäristöstrategiaa.

Opinnäytetyössä laskettiin pysäköintitalon ympäristövaikutukset tunnusluvulla rakenteeseen sitoutunut CO₂ kg autopaikkaa kohden. Siten yritys sai tietää minkä verran vähähiilisiä betonituotteita ja valmisbetonia käyttämällä voidaan vähentää päästöjä. Laskentoja tehtiin 11 erilaista siten että arvoina käytettiin eri päästökertoimia, joita löydettiin luotettavista lähteistä. Mukana laskennassa olivat kuorilaatat, palkit, pilarit, sokkelit, massiivilaatat, väliseinät sekä pintavalut. Laskelmissa tulokset autopaikkaa kohden vaihtelivat arvojen 3763 kg CO₂e/autopaikka ja 2356 kg CO₂e/autopaikka välillä. Siten laskennan avulla saatiin luotua jopa 37 prosenttia ympäristöystävällisempi pysäköintitalo, jota voidaan kutsua myös Parma Green -pysäköintitaloksi. Opinnäytetyössä luotiin kaksi ympäristöselostetta, joiden tietoja hyödynnettiin pysäköintitalon tulosten laskennassa.

Vähähiilisillä tuotteilla saatiin merkittävä ero, joten Parman kannattaa kehittää puuttuvien tuotteiden eli esimerkiksi sokkeleiden osalta vähähiilinen versio myös. Lisäksi kannattaneet vielä tutkia esimerkiksi betonituotteiden rasisluokkien vaikutusta ja tehdä laskenta laajemmin huomioiden esimerkiksi tontti ja pysäköintitalon käytön aikaiset ja elinkaaren lopun aikaiset ympäristövaikutukset.

Avainsanat Pysäköintitalo, ympäristöseloste, vähähiilisyys, päästökerroin

Sivut 46 sivua ja liitteitä 23 sivua

In Finland, the Land Use and Building Act will change on January 1, 2025, and in accordance with the new law, construction sector regulations and procedures will be directed towards a lower carbon footprint. Thus, the carbon footprints of buildings must be determined. In addition, people's environmental awareness has increased, so even more people want to know about environmental impacts.

The purpose of this thesis was to define a low carbon Parma Green car park concept. The commissioner, Parma Oy, which belongs to the international Consolis group, is one of Finland's largest manufacturers of precast concrete elements. The aim was to offer an environmentally friendly alternative to a traditional car park. Setting up the Parma Green park is part of the company's environmental strategy.

In the thesis, the environmental effects were calculated using the key figure CO₂ kg per car park place. This allowed the company to find out how much emissions can be reduced by using low-carbon concrete products and ready-mixed concrete. 11 different calculations were made, using different emission factors retrieved from reliable sources. The calculations were made for precast composite floor blanks, precast concrete beam prestressed, precast concrete beam, concrete plinth, solid slab, solid wall and ready-mix concrete. The results ranged from 3763 kg CO₂e/parking space and 2356 kg CO₂e/parking space. This led to the construction of up to 37 % more environmentally friendly parking house, i.e., the Parma Green car park. In the thesis process, two environmental product declarations were created, of which the data were utilised in calculating the car park results.

Due to the significant difference achieved with low-carbon products, Parma should develop a low-carbon version for other products, e.g. concrete plinths. In addition, it would be worth studying, for example, the impact of the load stress classes of concrete products and make a more extensive calculation taking into account the environmental effects during the use of the car park and the end of the life cycle.

Keywords Car park, environmental product declaration, low carbon, emission factor

Pages 46 pages and appendices 23 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Betonin ympäristövaikutukset	2
2.1	Sementin valmistaminen	2
2.2	Betonin karbonatisoituminen	3
2.3	Hankkeet ja tutkimukset liittyen betonin ympäristövaikutuksiin.....	3
3	Vähähiilinen rakentaminen	5
3.1	EU:n Ilmastostrategia ja päästökauppa	7
3.2	Rakennusalan lainsäädäntö hiilineutraalista rakentamisesta	8
4	Parma Oy	10
4.1	Parma Oy:n ympäristöstrategia	10
4.2	Parma Oy:n pysäköintitalo konsepti	12
5	Opinnäytetyön tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset.....	13
6	Opinnäytetyön toteuttaminen, materiaalit ja aineisto	14
6.1	Opinnäytetyön teorian keruu ja laskentamenetelmän valinta.....	15
6.2	Kuorilaattojen ympäristöselosteiden luonti prosessi	16
6.2.1	EPD-lähtötietojen kerääminen.....	16
6.2.2	EPD:n järjestelmäraajat ja oletukset.....	18
6.2.3	Kuorilaattojen EPD:n luominen.....	19
6.3	Pysäköintitalon laskenta	20
6.3.1	Laskennan suorittaminen Excelissä.....	21
6.3.2	Pysäköintitalon laskennan tuoteryhmät ja pintavalubetoni.....	21
7	Tulokset	28
8	Johtopäätökset ja kehittämissuhteet.....	33
8.1	Johtopäätökset tuloksista	33
8.2	Kehittämissuhteet.....	35
8.2.1	Vähähiilisten tuotteiden ominaisuuksien tarkastelu	35
8.2.2	Koko pysäköintitalo kokonaisuuden tietojen huomioiminen	36
8.2.3	Nykyisten tuotteiden kehittäminen	37

8.2.4	Uuden standardinmukaisesti tietojen tarkastelu	37
9	Pohdinta	38
	Lähteet.....	41

Liitteet

- Liite 1. Environmental product declaration Consolis Parma low carbon precast composite floor blank
- Liite 2. Environmental product declaration Consolis Parma precast composite floor blank
- Liite 3. Pysäköintitalon CO2-laskenta Excelissä

Käsitteet

Allokaatio	Hajauttaminen ja eri kohteisiin jakaminen
CO ₂	Hapesta ja hiilestä koostuvan kemiallisen yhdisteen eli hiilidioksidin molekyyli kaava
Elinkaariarviointi	Menetelmä, jonka avulla voidaan selvittää tuotteen, toiminnan tai palvelun ympäristövaikutukset kehdestä hautaan
EPD	Ympäristöseloste, joka kuvaa tuotteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia eri indikaattoreilla
GWP	Global Warming Potential, eli ilmastoa lämmittävä vaikutus
Hiilijalanjälki	Tuotteen, toiminnan tai palvelun elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt
Hiilidioksidiekvivalentti	Kasvihuonekaasupäästöille yhteismitta, jonka avulla voidaan summata eri kasvihuonekaasupäästöjen vaikutus
Konsepti	Kuvaus jonkin tietyn kokonaisuuden, esimerkiksi palvelun tai toiminnan ideasta
Konservatiivisuuskerroin	Rakennustuotteiden sekä rakennusmateriaalien päästöarvoja kasvatetaan 20 prosenttia konservatiivisen arvon saamiseksi
Moduuli	Itsenäinen osa kuten rakennuksen elinkaaren vaihe
Pysäköintitalo	Rakennus, johon ajoneuvoja pysäköidään
Päästökerroin	Ilmaisee syntyvän päästön määrän suhteessa tuotettuun tuotteeseen tai palveluun

Toiminnallinen yksikkö Vertailuyksikkö, jonka suhteen tiedot lasketaan

1 Johdanto

Yksi tulevaisuuden suurimpia haasteita on ilmastonmuutos, johon myös rakennettu ympäristö vaikuttaa tuottamalla kasvihuonekaasupäästöjä. Green Building Council Finlandin (Green Building Council Finland ry, n.d.) mukaan jopa kolmannes Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on peräisin rakennuksista. Toisaalta vaikka rakentaminen tuottaakin päästöjä, niin rakennuksiin voi myös varastoitua hiiltä, kuten käy esimerkiksi silloin, kun betonin karbonatisoituessa betonin sementtikivi sitoo ilman hiilidioksidia. Rakennetun ympäristön päästölähteitä selvittämällä voidaan suunnitella ja toteuttaa vähähiilisempää rakentamista. Erilaisia keinoja vähähiiliseen rakentamiseen on jo olemassa ja koko ajan kehitellään lisää. Bionova Oy:n (2017) luomassa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä koskevassa tiekartassa on esitetty suosituksia, joiden avulla rakennusten päästöjen vähentämistä voitaisiin suorittaa. Selvityksen mukaisesti rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen sääntely on toimenpide, joka tukee Suomen kasvihuonepäästötavoitteita ja vapaaehtoinen rakennusten elinkaari-päästöjen vähentäminen ei ole riittävän merkityksellistä. Suomessa onkin kehitteillä valtion luomia ohjauskeinoja, joiden avulla päästöjä saadaan vähennettyä. Toki lainsäädännön muutosten lisäksi painetta vähähiilisyteen tulee luultavasti myös asiakkaiden suunnalta, sillä ympäristöystävällisyys on nykyisin entistä useammalle ihmiselle tärkeä arvo.

Jotta saadaan rakentamisesta mahdollisimman vähähiilistä, tarvitaan tutkimus- ja kehitystyötä. Tässä työssä tutkitaan mahdollisuuksia hyödyntää Parman vähähiilistä betonielementtien valmistustekniikkaa nykyisessä pysäköintitalokonseptissa ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Parma Oy. Tavoite on määritellä konsepti vähähiiliselle pysäköintitalolle ja laskea sen ympäristövaikutukset verrattuna nykyiseen valmistustapaan tunnusluvulla rakenteeseen sitoutunut CO₂ e kg / autopaikka. Tavoitteena on myös luoda laskennassa tarvittavat ja puuttuvat EPD tiedot Parman kuorilaattojen osalta. Tässä työssä siis keskitytään nykyisen pysäköintitalo konseptin kehittämiseen lähinnä materiaaliominaisuuksia muuttamalla eli huomioimalla Parman vähähiiliset betonituotteet pysäköintitalossa.

2 Betonin ympäristövaikutukset

Betonilla on sekä positiivisia että negatiivisia ympäristövaikutuksia. Betonikeskus ry:n (2007, s. 5) mukaan betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali, joten runsaiden käyttömäärien myötä kyseisen materiaalin vaikutukset ovat merkittäviä. On kuitenkin olemassa erilaisia keinoja betonin ympäristövaikutuksien minimoimiseen ja jatkuvasti kehitellään uusia innovaatioita, joilla voidaan vaikuttaa betonin ympäristövaikutuksiin. (Betoniteollisuus ry, n.d.-a)

2.1 Sementin valmistaminen

Sementti on yksi betonin tärkeimpiä raaka-aineita. Sementtiä käytetään betonin sideaineena, jolloin veden kanssa reagoidessaan se muodostaa niin sanotun sementtikiven. Sementtiä saadaan maapallolla runsaasti esiintyvistä kalkkikivistä. Sementtiä tarvitaan yhteen betoni kuutiometriin noin 200-400 kg. (Betoniteollisuus ry, n.d.-c)

Sementin valmistusprosessissa sementtiklinkkeri poltetaan kalkkikivistä kiertoilmauunissa noin +1400-1450 °C lämpötilassa ja samassa poltossa saadaan erilleen myös muut mineraaliset raaka-aineet. Jotta poltossa tarvittava korkea lämpötila saavutetaan, niin käytetään kivihiiltä polttoaineena. Uunin loppupäässä tapahtuu jäähdytys, kun sementtiklinkkeri jäähdytetään ilmajäähdyttimissä nopeasti noin 200 celsiuskeeseen. Rakennussementin valmistamisessa jauhetaan klinkkeriä, seosaineita sekä kipsiä kuulamylyssä. Sementin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa muun muassa klinkkerin koostumuksella sekä seosaineiden suhteilla. (Finnsementti Oy, n.d.; Betonikeskus ry, 2007, ss. 26-27)

Sementistä syntyvät hiilidioksidipäästöt muodostuvat suurimmaksi osaksi valmistusvaiheessa. Valmistusvaiheessa hiilidioksidipäästöjä muodostuu erityisesti kalkkikiven kalsinoitumisesta ja polttoaineiden palamisesta. Kalsinoitumisessa korkeassa lämpötilassa poltetaan kalkkikiveä, jolloin hiilidioksidi irtaana. Hiilidioksidipäästöjen suuruuteen on mahdollista vaikuttaa neljällä eri tavalla: raaka-aineiden valinnalla, polttoaineiden valinnalla, energiatehokkailta ratkaisuilta ja menetelmillä sekä seosaineiden

käyttämällä. Jotta sementtiklinkkeriä saadaan valmistettua, on välttämätöntä että kalsinointi tapahtuu, siten vain pieni osa kalkkikiveä voidaan korvata toisilla raaka-aineilla. Polttoaineena uuneissa on mahdollista käyttää kierrätyspolttoaineita, jotka ovat esimerkiksi teollisuuden sivutuotteita. (Finnsementti Oy, 2022, s. 11)

2.2 Betonin karbonatisoituminen

Sementin valmistamisessa hiilidioksidia vapautuu, mutta betonin karbonatisoituessa käy päinvastoin eli hiilidioksidia sitoutuu takaisin betoniin. Betonin karbonatisoituminen tarkoittaaakin kemiallista prosessia, jossa hiilidioksidia sitoutuu sementtikiveen. Karbonatisoitumisreaktiossa muodostuu kalsiumkarbonaattia, kun ilman hiilidioksidi reagoi betonin kalsiumhydroksidin kanssa. Hiilidioksidin sitoutuminen betoniin karbonatisoitumisessa on hidasta ja siihen vaikuttavat betonin laatutekijät, erityisesti betonin tiiveys ja kalsiumhydroksidipitoisuus. Ympäristön olosuhteilla on vaikutusta karbonatisoitumiseen, sillä esimerkiksi mikäli betoni elinkaarensa lopulla murskataan, on betonimurske enemmän kosketuksissa ilman kanssa ja siten saadaan eniten hyötyä karbonatisoitumisesta. (Häkkinen ym., 2020, s. 51; Betoniyhdistys ry, n.d.)

Betonin karbonatisoitumisesta on haittaakin, sillä karbonatisoitumisen aiheuttama neutraloituminen saa aikaiseksi betoniterästen ruostumista. Jotta ruostumista voidaan estää tulee terästen olla riittävän syvällä betonissa. Joissakin rakenteissa on käytössä ruostumatonta terästä, jolloin karbonatisoituminen ei aiheuta ruostumista. Ruostumisen käynnistyminen vaatii kosteutta riittävästi. Sisätiloissa kosteutta ei yleensä ole niin paljoa että terästen ruostuminen alkaisi, joten betoni voi tällöin karbonatisoitua ilman ruostumisongelman vaaraa. (Betoniteollisuus ry, n.d.-b)

2.3 Hankkeet ja tutkimukset liittyen betonin ympäristövaikutuksiin

Kestävä kehitys on hyvin ajankohtainen aihe ja siten betonin osalta on tehty ja tehdään erilaisia kehitystöitä sekä Suomessa, että maailmanlaajuisesti. Olemassa olevaa tutkimustietoa löytyykin runsaasti betonin ympäristövaikutuksista. Tutkimusten ja

kehitystyön avulla saadaan arvokasta tietoa betonin ympäristövaikutuksista ja voidaan siten luoda vähähiilisiä ratkaisuja.

Co2ncrete Solution -hankkeessa on tarkoitus selvittää Suomessa betonin hiilinielua ja karbonatisoitumisen hyödyntämistä uusilla kierrätystavoilla. Kyseinen hanke on Betoniteollisuus ry:n toteuttama. Vaikka maailmalla on jo tutkittu betonin karbonatisoitumista, niin on Suomessa kuitenkin hyvin erilaiset ympäristöolosuhteet ja betonilaadut ovat erilaisia kuin ulkomailla, joten Suomessakin on hyvä tutkia kyseistä aihetta. Projektissa on tarkoitus selvittää muun muassa, että kuinka paljon käyttövaiheessa suomalaiseen betonirakennuskantaan sitoutuu hiilidioksidia ja miten paljon kierrätyksen avulla voi tapahtua karbonatisoitumista. Co2ncrete Solution on osa laajempaa Life-ohjelmaan kuuluvaa Kohti hiilineutraaleja kuntia ja maakuntia (CANEMURE) -hanketta, joka toteutetaan vuosina 2019-2023. (Kekkonen, 2020, s. 98; Mattila, 2019)

Loikka-hankkeen avulla betonirakentamisen päästöjä yritetään vähentää. Hanke on betoniteollisuuden sekä Aalto-yliopiston ja siinä on mukana toimialan yrityksiä omilla projekteillaan. Kyseessä on yhteishanke, jossa kehitetään vähähiilisiä ratkaisuja, joiden avulla hiilidioksidipäästöt voidaan puolittaa. Hankeryhmässä on mukana sementin ja seosaineiden valmistajien lisäksi betonin ja betonielementtien valmistajia. Asiantuntijakumppanina mukana on esimerkiksi Parma Oy. (Härkönen, 2022, s. 90)

Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmassa tuetaan yritysten, kuntien ja muiden toimijoiden rakennetun ympäristön ilmastotyötä. Tavoitteita ovat muun muassa rakennetun ympäristön ilmastonmuutosta torjuvien ja vähähiilisyttä tukevien tuotteiden, teknologioiden, palveluiden sekä toimintamallien kehityksen ja leviämisen vauhdittaminen sekä elinkeinorakenteen uudistamisen edistäminen. Ohjelma toteutetaan vuosina 2021-2023 ja on ympäristöministeriön sekä Business Finlandin toteuttama. Kirahub on mukana ohjelman koordinoinnissa ja viestinnässä. (Ympäristöministeriö, n.d.-b)

Carbonaide-nimisessä projektissa Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkijat ovat kehittäneet hiileneutraalista betoniteknologiaa. Tutkimuksen myötä huomattiin, että masuunikuona on sellainen sideaine jota voidaan karbonoida. Karbonoitu masuunikuona

tekee betonin hiilijalanjäljestä jopa negatiivisen. Betonitehtaan luokse Hollolalla on rakennettu kontti, jossa automatisoitu karbonointimenetelmä tapahtuu, eli hiilidioksidi saadaan tunkeutumaan kappaleisiin käyttämättä ylipainetta. Carbonaide-projektin hiilinegatiivisen betonin menetelmän pilotointi alkoi syksyllä 2021. (VTT, 2022)

Euroopan sementtiteollisuus on tehnyt tiekartan, joka ulottuu vuoteen 2050 saakka ja tavoitteena on hiilineutraali betoni. Eurooppalainen sementtiteollisuus tutkii sementtiklinkkerin koostumuksen muuttamista siten, että valmistuksessa vaadittava lämpö voisi olla matalampi ja käytössä vähemmän lämpöenergiaa. Selvityksessä on myös fossiilisten polttoaineiden korvaaminen sähköllä ja aurinkoenergian hyödyntäminen sementin valmistuksessa. (Finnsementti Oy, 2022, s. 14)

3 Vähähiilinen rakentaminen

Suomessa rakennuksen päästöjen ohjauksessa on käytössä vapaaehtoiset ympäristöarviointimenetelmät. Tällaisia ovat esimerkiksi LEED, BREEAM ja rakennustiedon ympäristöluokitus. Kyseisten arviointimenetelmien avulla saadaan tietoa siitä, miten vähähiilinen rakennus on. Hiilijalanjäljen laskennan avulla selviää se miten vähähiilistä rakentaminen on. Hiilijalanjäljen laskentaa varten pitää rakennuksen elinkaaren vaiheet tietää ja EN-standardeista löytyy määritelmät rakennusten elinkaaren vaiheille. (Ympäristöministeriö n.d.-b; Häkkinen ym., 2020, ss. 70-71)

Pohjoismailla on erilaisia tavoitteita koskien vähähiilistä rakentamista. Kuitenkin ajatuksena on tehdä yhteistyötä ja muun muassa harmonisoida eri maiden LCA-laskentaa. Suomen vähähiilisyystavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2035 ja sama tavoite on esimerkiksi Ruotsilla vuodelle 2040. (Green Building Council Finland ry, 2022)

Tarkoituksena on, että vuoteen 2025 mennessä lainsäädäntö ohjaa rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä Suomessa. Jotta ympäristöministeriön tavoite toteutuu, on hyvä olla jonkinlainen suunnitelma eli tiekartta hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Siten vuonna 2017 valmistui selvitys tiekartasta, jolla vähennetään rakentamisen hiilijalanjälkeä sekä edistetään ilmastotavoitteita, jotka koskevat Suomen

rakennus- ja kiinteistöalaa. Tiekartan mukaisesti rakennuksien elinkaaren vähähiilisyys tulee olemaan osa rakennusmääräyksiä. Tiekartan pohjalta Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy teki vaikutusarvion, jonka mukaan kaikkein vaikuttavin ohjauskeino on raja-arvo ohjaukseen perustuva säädösohjaus. (Ympäristöministeriö n.d.-c; Ympäristöministeriö, 2019, ss. 5-13)

Ympäristöministeriö on luonut arviointimenetelmän, jonka avulla on mahdollista osoittaa, että rakennuksen hiilidioksidipäästöt eivät ylitä sitä ylärajaa, mikä kyseiselle rakennustyyppille on annettu. Arviointimenetelmän avulla voidaan siis laskea rakentamisen ilmastovaikutuksia ja siihen sisältyy koko rakennuksen elinkaari. Arviointimenetelmästä oli ensimmäinen versio testattavana vuonna 2019. Testauksien sekä lausuntokierroksen jälkeen lopullinen arviointimenetelmän ohje julkaistaan siinä vaiheessa, kun tulee voimaan asetus rakennuksen vähähiilisyden arvioinnista. Arvionti koskee rakennusta sekä sen tonttia.

Arviointimenetelmää voidaan käyttää suunnitteluvaiheessa sekä sitten, kun rakennus on käyttöönotto vaiheessa. (Häkkinen yms., 2020, s. 74; Ympäristöministeriö, n.d.-c)

Betonin hiilidioksidipäästöjä on mahdollista tutkia BY-Vähähiilisyysluokituksen avulla. Luokitukselta vastaa Betoniyhdistys ry. Kyseessä on yksinkertainen ja halpa tapa esittää erilaisten betonien hiilidioksidipäästöarvo. Käyttämällä BY-Vähähiilisyysluokitusta voidaan betonin hiilidioksidipäästöt laskea luotettavasti ja arvot ovat vertailukelpoisia. Luokituksessa eri betonilaadut jaotellaan hiilidioksidipäästöjensä mukaisesti eri luokkiin ja vähähiilisyysluokkia on 5 kappaletta 16 eri betonilaadulle kuten kuvasta 1 näkyy. Betonin valmistaja voi luokitella valmistamansa betonit vähähiilisyysluokkiin siten, että betonin reseptin päästöarvot ovat vähähiilisyysluokan mukaiset. Luokitteluun on olemassa BY-Vähähiilisyyslaskuri. Ympäristöselosteisiin verrattuna päästöt lasketaan melko samalla tavoin mutta on muutamia poikkeamia. Luokituksessa on vain vaiheet A1....A3 ja arvot ovat GWP total arvoja eli ilmoittavat lämmityspotentiaalin. Luokituksen päästöarvot ovat vain betonille ja siten niitä ei voi verrata esimerkiksi betonituotteen ympäristöselosteeseen, jossa on mukana betonin lisäksi raudoitukset ynnä muut sellaiset. (Vuori & Punkki, 2022, ss. 90-92)

Kuva 1. Vähähiilisen betonin luokitukset (Vuori & Punkki, 2022, s. 92).

BY-Vähähiilisyysluokituksen betonilaadut sekä vähähiilisyysluokkien raja-arvot.

Arvot ovat GWP_{total}-arvoja sisältäen moduulit A1..A3. Arvojen yksikkönä on kg (GWP_{total}) / m³-betonia.

BETONI	Ref.taso				
	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu	210	180	145	115	85
C25/30 - Ei huokostettu	230	195	160	125	90
C30/37 - Ei huokostettu	255	215	180	140	100
C35/45 - Ei huokostettu	285	240	200	155	115
C45/55 - Ei huokostettu	320	270	225	175	130
C50/60 - Ei huokostettu	340	290	240	185	135
C30/37 - Huokostettu	290	245	205	160	115
C35/45 - Huokostettu	330	280	230	180	130
C45/55 - Huokostettu	375	320	265	205	150
C50/60 - Huokostettu	395	335	275	215	160
C30/37 P0	270	230	190	150	110
C30/37 P30	300	255	210	165	120
C35/45 P0	300	255	210	165	120
C35/45 P30	330	280	230	180	130
C35/45 P50	340	290	240	185	135
C45/55 P50	375	320	265	205	150

3.1 EU:n Ilmastostrategia ja päästökauppa

Euroopan komission julkaisema Vihreän kehityksen ohjelma sisältää keinot, joilla on mahdollista saavuttaa ilmastoneutraalius. Ohjelma julkaistiin joulukuussa 2019.

Eurooppalainen ilmastolaki tuli voimaan vuonna 2021 ja sen mukaisesti on ilmastoneutraaliustavoite vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi vuodelle 2030 on vähintään 55 prosentin päästövähennystavoite. Eri päästövähennystavoitteet ovat jakaantuneet päästökauppaan sekä kansallisen taakanjaon ulkopuolisiin sektoreihin, johon kuuluu muun muassa rakentaminen ja rakennusten lämmitys. Suomen oma maakohtainen tavoite on vähentää 39 prosenttia vuoden 2005 tason päästöistä taakanjakosektorilla vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi ilmastolain mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjä on tarkoitus vähentää Suomessa 80 prosentilla vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 vertailutasosta lähtien. (Ympäristöministeriö, n.d.-a; Ympäristöministeriö, 2019, s. 13)

EU:n päästökaupalla on ollut rakennusteollisuudessa melko vähän taloudellista vaikutusta, sillä sementin valmistajat ovat saaneet osan päästöoikeuksista ilmaiseksi. Lisäksi päästöoikeuksien hinta on pysynyt matalalla tasolla. Tilanne on muuttunut, sillä ilmaiset päästöoikeudet ovat vähenemässä koko ajan ja päästöoikeuksien hinnat ovat nousseet. On arvioitu, että päästökaupan kustannusvaikutus betonialalle on yli 100 miljoonaa euroa vuosittain, joten päästökaupakin tuo paineita hiilidioksidipäästöjen vähentämiselle. (Vuori & Punkki, 2022, s. 90)

3.2 Rakennusalan lainsäädäntö hiilineutraalista rakentamisesta

Uusi lakipaketti, joka tukee hiilineutraalia rakentamista, tulee voimaan 1.1.2025. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) tulee olemaan uudet tekniset vaatimukset rakennuksen vähähiilisydestä ja elinkaaresta ja siten kyseinen laki ohjaa rakentamista vähähiilisemmäksi. Rakennuslain mukaisesti rakennusmateriaalit kannattaa pitää kierrossa mahdollisimman pitkään ja rakennuksille määritellään tavoitteelliset tekniset käyttöiät. Pitkäikäisyyden lisäksi rakennusten tulee olla muuntojoustavia. Purkuvaiheessa purkulupaa haettaessa tuleekin ilmoittaa muun muassa kaikki käytetyt ja vapautuvat materiaalit. (Valtioneuvosto, 2022)

Maankäyttö- ja rakentamislakiin sisältyy asetuksenantovaltuudet, joka tarkoittaa sitä, että asetuksenantovaltuuden nojalla voidaan antaa tarkempia säännöksiä rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista sekä ilmastaselvityksestä ja materiaaliselosteesta, kuten kuvasta 2 voidaan nähdä. Ilmastaselvityksellä voidaan osoittaa rakennuslupaa hakiessa, että rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvo ei ylitä. Hiilijalanjälki ja -kädenjälki tiedot eri rakennusten osista saadaan kansallisesta rakentamisen päästötietokannasta tai kyseisen tuotteen ympäristöselosteesta. Ilmainen ja kaikkien käytettävissä oleva päästötietokanta Co2data julkaistiin vuonna 2021. Tietokanta on ympäristöministeriön ja Sykeen. Uuden rakentamislain mukaisesti rakennuksen ilmastaselvityksen teossa pitäisi käyttää rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää. Rakentamislaisissa on myös materiaaliselostetta koskeva momentti, jonka mukaisesti materiaalit ja tuotteet tulisi luetteloida rakennettaessa tai korjattaessa rakennusta. Materiaaliseloste olisi rakentamisluvassa liitteenä ja sisältäisi tietoa muun muassa rakennuksen osista,

materiaaleista ja materiaalien alkuperästä. Seloste auttaisi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen laadinnassa ja tukisi rakentamisen kiertotaloutta. (Eduskunta, 2022; Ympäristöministeriö, 2022)

Kuva 2. Säädöskehitys vähähiilisessä rakentamisessa (Green Building Council Finland ry, 2022).



Co2data-päästötietokannan avulla on mahdollista saada selville Suomessa käytettävien rakennustuotteiden päästötietoja, joita uuden lainsäädännön mukaisesti tarvitaan. Lisäksi palvelusta löytyy rakentamisen prosessien ja palveluiden keskimääräisiä päästöarvoja. Tietokannan avulla voidaan yhdenmukaistaa rakennusten elinkaaren aikaisten päästöjen laskentaa. Tiedot on esitetty tulossivuilla ja niiden lisäksi löytyy tarkempia taustaselvityksiä. Päästötietokannan tiedot on muodostuneet ympäristöasiantuntijoiden sekä rakennusalan ammattilaisten avulla. Lähteenä on enimmäkseen käytetty ympäristöselosteita, joiden tietojen mukaan on tehty vertailua, valintaa ja keskiarvojen laskentaa. Tärkeimmät rakennustuotteet löytyvät tietokannasta ja tulevaisuudessa tietokantaa kehitetään tarpeen mukaisesti. Yksittäisten tuotteiden tietoja ei tallenneta tietokantaan, vaan yleisluontoisia tuotetietoja, joten yksittäisen tuotteen ympäristöselosteista ei löydy tietokannasta. (Suomen ympäristökeskus, 2022a; Hiilineutraalisuomi, 2023)

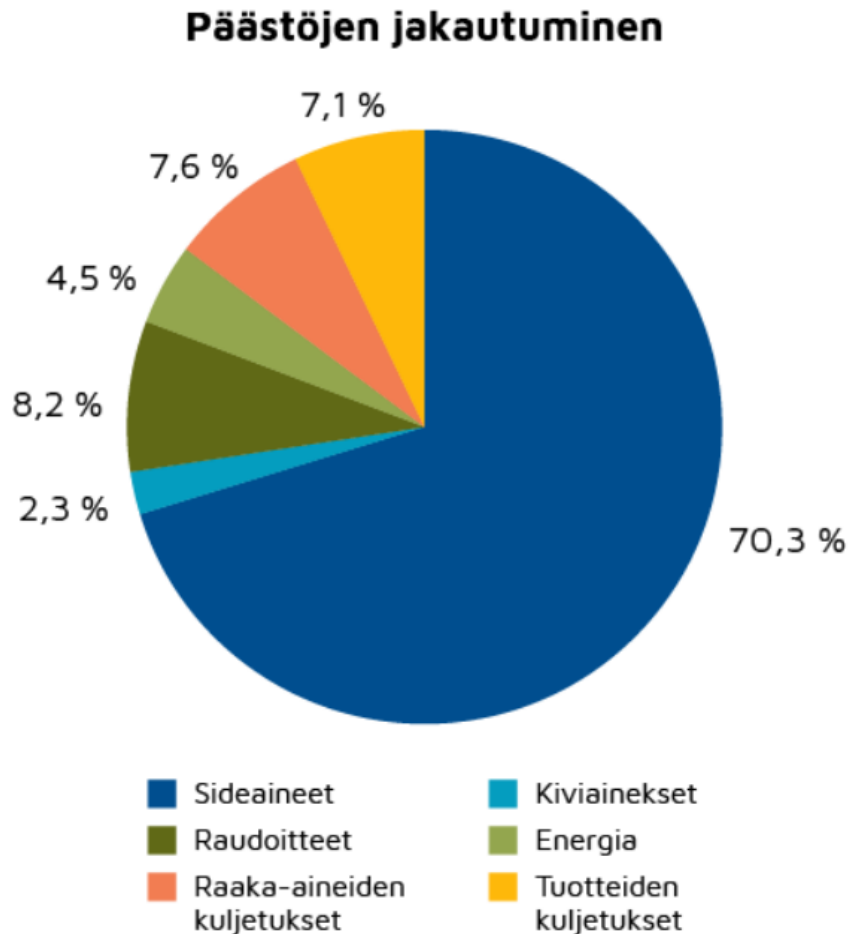
4 Parma Oy

Parma Oy on betonielementtien valmistaja ja osa kansainvälistä Consolis-konsernia. Consolis-konserni on Euroopassa toimiva betonitekniikan ratkaisujen tuottaja sekä betonisten valmisosien valmistaja. Suomessa Parma Oy toimii työnantajana yli 650 henkilölle. Parma Oy kehittää, suunnittelee, valmistaa ja toimittaa tuotteita sekä kokonaisratkaisuja asuntila-, toimitila- ja infrarakentamiseen. Parma Oy on Suomessa alansa suurin ja tunnettu vastuullisesta kehitystyöstään, toimitusvarmuudesta, osaavasta asiakaspalvelusta ja korkeasta laadusta. Parman tuotekehityksen tavoitteena on, että kymmenen prosenttia liikevaihdosta muodostuu uusista tuotteista ja ratkaisuista. (Parma Oy, n.d.-f)

4.1 Parma Oy:n ympäristöstrategia

Parmalla on vastuullisuusohjelma nimeltään Parma Concrete Care. Kyseisessä ohjelmassa on ympäristötavoitteena betonisten valmisosien mahdollisimman ekologinen valmistaminen. Lisäksi kiertotalouden edistämiseen ja toimipaikkojen energiatehokkuuteen pyritään. Tavoitteena on vähentää viisi prosenttia yhtiön hiilidioksidipäästöjä joka vuosi. Siten tällainen jatkuva parantaminen puolittaisi Parman kokonaispäästöt vuoteen 2035 mennessä. Viiden prosentin vähennyksen laskenta on aloitettu vuodesta 2020, jolloin kokonaispäästöt olivat 148 731 CO₂-ekv tonnia ja ominaispäästöluku oli 167 CO₂-ekv kiloa tonnia kohden. Vuoden 2021 tuloksena oli seitsemän prosentin hiilidioksidipäästöjen pienentäminen verrattuna vuoteen 2020. Ominaispäästöluku oli 155 CO₂-ekv tonnia kohden. Sen sijaan vuonna 2022 vähennys oli 2,7 prosenttia kun verrataan vuoteen 2021. Kahdessa vuodessa päästöjen leikkaaminen on siis ollut yhteensä kymmenen prosentin luokkaa. Kuvasta 3 selviää miten yrityksen päästöt ovat jakautuneet vuonna 2022. (Parma Oy, n.d.-a; Parma Oy, n.d.-g)

Kuva 3. Consolis Parman päästöt vuonna 2022 (Parma Oy, n.d.-e).



Päästövähennykseen vaikuttavia tekijöitä olivat erityisesti Parma Green-tekniikan betonimassat. Sementtilaaduista valitsemalla ympäristöystävällisimpiä sementtilaatuja sekä sementtiä korvaavien sideaineiden lisäämisellä sementtiin liittyvät päästöt vähenivät noin seitsemän prosenttia. Kuljetusten ominaispäästöjen lähdearvoja tarkennettiin, mikä vaikutti siten että kuljetusten vaikutukset vähenivät jopa 23 prosenttia. Parman vähähiilisiä tuotteita tuotiin markkinoille ensimmäistä kertaa vuonna 2021. Vähähiilisten tuotteiden valikoima kattaa ontelolaatat, seinäelementit ja runkotuotteet. Kyseisille tuotteille on laadittu ympäristöselosteet, jotka ovat kolmannen osapuolen verifioimat. Vähähiilisten tuotteiden käyttämisessä on suuri potentiaali tulevaisuuden päästövähennyksiä mietittäessä. Parman

vähähiilisten tuotteiden valikoima laajeni keväällä 2023, kun markkinoille saapuivat vähähiilinen hissikuilu ja massiivilaatta. (Parma Oy, n.d.-a; Parma Oy, 2023a)

Parman vähähiilisiä tuotteita sekä ratkaisuja kutsutaan PARMA Green™-teknologiaksi. Parma kehittää aktiivisesti sellaisia tuotteita ja ratkaisuja joiden hiilidioksidipäästöt ovat vakioratkaisuihin verrattuna merkittävästi pienempiä. PARMA Green™ -materiaali-, tuotanto- ja suunnitteluteknisten innovaatioiden avulla hiilidioksidipäästöjä saadaan vähennettyä. Päästövähennyksiin voidaan päästä esimerkiksi ympäristöystävällisellä betonimassalla, tuotteen hiilioptimoidulla raaka-ainemenekillä tai raaka-aineiden korvaamisella kierrätysmateriaaleilla. Hiilidioksidipäästöt voivat olla jopa 60 prosenttia pienemmät vakiotuotteeseen verrattuna. Tulokset esitetään ympäristöselosteilla. Suomen betonituotteiden ensimmäiset EPD-ympäristöselosteet myönnettiin Parmalle 2019 vuonna. Ympäristöselosteiden tiedot ovat vertailukelpoisia, sillä ympäristöselosteet ovat EN 15804-standardin mukaiset. Ympäristöselosteet ovat vapaaehtoinen tapa esittää tiedot tuotteen ympäristövaikutuksista ja ympäristöselosteet auttavat rakennusurakoitsijoita, rakennuttajia ja suunnittelijoita arvioimaan niitä ympäristövaikutuksia, joita rakennustuotteilla ja materiaaleilla on. Yksi indikaattori on ilmaston lämpiämiseen vaikuttavat hiilidioksidipäästöt ja ne ilmoitetaan tuotteen toiminnallista yksikköä kohden. (Parma Oy, n.d.-b; Parma Oy, 2019)

Parman luomat vähähiiliset tuotteet ovat osa Consolis-konsernin Green Spine Line -tuoteperhettä. Consolis on luonut omat sertifiointikriteerit Green Spine Line-tuotteilleen. Kyseisiin sertifiointikriteereihin kuuluu muun muassa se että tuotteen CO₂-päästöt ovat vähintään 15 prosenttia pienemmät kun verrataan elementtiteollisuuden tuotteiden standardeihin. (Consolis, 2023)

4.2 Parma Oy:n pysäköintitalo konsepti

Parman pysäköintitalokonsepti sisältää betonirunkotoimituksen lisäksi myös rungon työmaatoteutuksen. Asiakkaalle Parman pysäköintitalokonsepti on helppo ratkaisu, sillä runkotoimitus tapahtuu avaimet käteen -periaatteella, jossa Parma tekee runko- ja tuotesuunnittelun, elementtien valmistuksen ja kuljetukset sekä asennukset ja liittovalut.

Runkojärjestelmässä on paljon erilaisia mahdollisuuksia. Pilarit voivat olla neliö- tai suorakaiteen muotoiset. Liittorakenteen ansiosta on mahdollista pitkät jännevälit sekä matala kerroskorkeus. Rakenteiden jäykistys tapahtuu mastopilareiden ja vinosauvaristikoiden tai jäykistysseinien avulla. Pysäköintitalot soveltuvat suorakulma- ja vinopysäköintiin. Henkilöautolle yleinen tilavaraus on 2,5 x 5 metriä. Pilarit ovat autopaikkarivien välissä, joka mahdollistaa esteettömän parkkiruutuun ajamisen. Sujuvaa liikennöintiä ajatellen on valittavissa nousevat tasot tai kohdekohtaisesti suunniteltavat suorat tai kierreaajorampit. Pysäköintitaloissa esijännitetyt palkit sekä kuorilaatat saavat aikaan vesitiiviin rakenteen. (Parma Oy, n.d.-c; Parma Oy, n.d.-d; Parma Oy, 2005)

Tässä työssä käytetään sellaista pysäköintitaloa, joka sijaitsee Etelä-Suomessa ja rakennuksen runkojärjestelmänä on pilari-kuorilaatta-palkkijärjestelmä. Kyseinen pysäköintitalo on Parman pysäköintitalokonseptin mukaisesti suunniteltu ja lämmittämätön monikerroksinen pysäköintitalo. Kohde sisältää 400 autopaikkaa ja sen kokonaislaajuus alapohja huomioiden on noin 10700 m², josta kuorilaattojen pintavaluja on noin 9100 m². (Parma Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 14.9.2022)

5 Opinnäytetyön tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmaksi määritettiin vähähiilisen pysäköintitalokonseptin kehittäminen Parma Oy:lle. Parma voi vähähiilisen pysäköintitalon avulla tarjota asiakkailleen ympäristöystävällisempää vaihtoehtoa perinteiselle pysäköintitalolle. Lisäksi uutta konseptia voidaan hyödyntää markkinoinnissa. Opinnäytetyö tuo merkitystä Parma Oy:lle pysäköintitalon mahdollisina kehittämiskohteina. Pysäköintitalokonsepti on tärkeä osa Parma Oy:n myynnistä, joten mikäli sitä voidaan kehittää entistä paremmaksi, niin tuo se yritykselle suurta etua. Vähähiilinen pysäköintitalo olisi myös osa Parman ympäristöstrategiaa. Jotta vähähiilisen pysäköintitalon tutkimusongelma voitiin ratkaista, tarvittiin työlle tutkimuskysymykset. Tässä työssä asetettiin seuraavanlaiset tutkimuskysymykset:

1. Minkälaisia mahdollisuuksia on hyödyntää Parman vähähiilistä betonielementtien valmistustekniikkaa nykyisessä pysäköintitalokonseptissa?

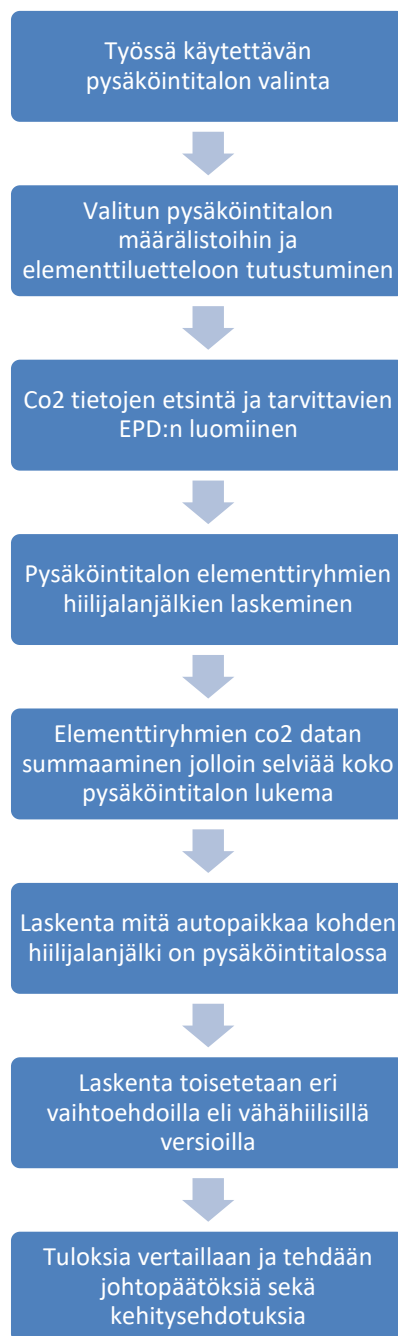
2. Minkälaiset ympäristövaikutukset ovat nykyisellä pysäköintitalon konseptilla (esim. tunnusluku rakenteeseen sitoutunut CO₂/autopaikka)?
3. Minkälaiset ympäristövaikutukset on vähähiilisellä Parma Green pysäköintitalo-konseptilla (esim. tunnusluku rakenteeseen sitoutunut CO₂/autopaikka)?

Näihin tutkimuskysymyksiin päädyttiin siksi, että jotta voidaan vähentää päästöjä, niin pitää ensin tietää millä tasolla ollaan. Parhaiten tieto saadaan tunnusluvun avulla, joka on autopaikkaa kohden olevat CO₂-päästöt. Verratessa vähähiilisen vaihtoehtoon, on vertaus paras tehdä laskemalla sama tunnusluku vähähiilisestä vaihtoehdosta. Siten yhtenä tutkimuskysymyksenä on laskea tunnusluku vähähiilisestä vaihtoehdosta. Jotta vähähiilinen konsepti saadaan luotua Parmalle, tulee pohtia mitä mahdollisuuksia on käyttää vähähiilisiä betonielementtejä rakennuksessa. Tutkimuskysymyksiin vastaukset löytämällä voidaan työn tilaajana olleelle yritykselle tuottaa arvokasta tietoa nykyisen pysäköintitalon hiilidioksidipäästöistä, sekä siitä, miten hiilijalanjälkeä voidaan hallita betonirakenteiden osalta, kun käytössä on vähähiilisiä vaihtoehtoja.

6 Opinnäytetyön toteuttaminen, materiaalit ja aineisto

Opinnäytetyö toteutetaan toiminnallisena opinnäyttyönä. Toiminnalliseen opinnäytetyöhön kuuluu jonkinlaisen toiminnallisen tuotoksen valmistaminen, kuten tässä työssä luotiin vähähiilisen pysäköintitalon konsepti laskemalla yhden esimerkkikohteen hiilijalanjäljen tulokset, kun käytössä on eri tyyppisiä elementtejä. Lisäksi laskentaa varten tarvittavat ympäristöselosteet luotiin, jotta saatiin tarvittavat tiedot kokonaisuutta eli yhtä pysäköintitaloa kohden muodostettua. Opinnäytetyön toteuttamisesta on kuva 4, josta selviää, että mitä vaiheita tässä opinnäytetyö prosessissa oli.

Kuva 4. Opinnäytetyön prosessikaavio



6.1 Opinnäytetyön teorian keruu ja laskentamenetelmän valinta

Opinnäytetyön alussa kerättiin tarvittava teoriatausta. Ensin tutkittiin erilaisten lähteiden avulla, että mistä kaikesta betonirakentaissa muodostuu päästöjä ja millaista tutkimustyötä on jo tehty betonialalla. Työn edistämiseksi tarvittiin tietoa myös opinnäytetyössä käytetystä pysäköintitalosta ja siten työn tilaajan kanssa pidettiin palavereja, joissa muun muassa

sovittiin, että millaista pysäköintitaloa tässä opinnäytetyössä käytettiin. Etäpalavereja Teamsin välityksellä pidettiin koko opinnäytetyön toteutuksen aikana sekä tilaajan, että opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Tarvittavat tiedostot, kuten elementtiluettelot sekä pysäköintitalon piirustukset saatiin tarjouslaskennan kautta sähköpostilla. Sähköposti on ollut tärkeä viestintäväline, sillä sähköpostiviestien välityksellä on jaettu tietoa, kuten ympäristöselosteita varten kuorilaattojen reseptejä. Lisäksi viestintää on tapahtunut puhelimen välityksellä, eli soittojen kautta.

Laskentamenetelmänä käytettiin Exceliä, johon tuotiin tiedot tuotteista ja ne laskettiin yhteen, jolloin saatiin koko pysäköintitalon betonielementtien ja valmisbetonin osalta kuormitus. Exceliin tuodut tiedot ovat tuotteiden päästökertoimia ja yksikkönä on hiilidioksidiekvivalenttien määrä kilogrammoina tonnia kohden. Pysäköintitalo koostuu siis useista erilaisista tuotteista, joten tarvittiin melko monesta tuotteesta tietoja. Alussa huomattiin, että olisi hyvä luoda kuorilatoille omat ympäristöselosteet, joissa selviäisi niiden ympäristödata. Siten ensin piti luoda puuttuvat ympäristöselosteet kyseisille tuotteille, jotta saatiin kokonaisen pysäköintitalon lukema laskettua.

6.2 Kuorilaattojen ympäristöselosteiden luonti prosessi

Betoniteollisuus ry:n luoma kuorilaattojen EPD (Betoniteollisuus ry, 2022) oli jo tehty, mutta tässä työssä tahdottiin käyttää mahdollisimman spesifiä tietoja ja siksi luotiin Parman tuotteille omat laskelmat ja niiden ympäristöselosteiden laskenta aloitettiin opinnäytetyö prosessin alussa. Parman kuorilaatoista luotiin sekä vähähiilinen ympäristöseloste (Liite 1) että vakiotuotteen ympäristöseloste (Liite 2). Kuitenkin kun koko pysäköintitalon laskelmia suoritettiin useita, niin joissakin laskelmissa huomioitiin myös Betoniteollisuuden EPD:n arvot.

6.2.1 EPD-lähtötietojen kerääminen

Ensin sovittiin työn tilaajan kanssa, että minkä tehtaan reseptejä käytettiin ympäristöselosteiden luomisessa. Kun reseptit olivat selvillä, niin Excelissä laskettiin tiedot toiminnallista yksikköä kohden. Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin 1000 kg tuotetta eli yksi

tonni, sillä samaa yksikköä on käytetty muidenkin viime aikoina laskettujen Parman tuotteiden toiminnallisena yksikkönä ympäristöselosteissa. Reseptien lisäksi selvitettiin paljonko jätettä prosessissa syntyy (betoni- ja teräs-jäte) sekä energian kulutus (sähkö, lämpö, polttoaineet).

Elinkaariarviointien laskemissa huomioitiin kyseessä olleen tuotteen vaiheet kehdesta portille, eli osiot raaka-aineiden hankinta ja käsittely (A1), raaka-aineiden kuljetus valmistukseen (A2), tuotanto (A3), valmiin tuotteen toimitus työmaalle (A4), purkuvaihe (C1), kuljetus jätteenkäsittelyyn (C2), materiaalien käsittely ja kierrätys (C3), loppusijoitus (C4) sekä elinkaaren aikaiset hyödyt, jotka syntyvät kun materiaaleja kierrätetään tai uusiokäytetään ja voidaan siten korvata neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. Arvioinnista pois jätetyt moduulit eivät ole merkityksellisiä, joten niihin ei keskitytty tässä opinnäytetyössä. Järjestelmärajat ovat näkyvissä kuvassa 5, johon on merkitty ne vaiheet ruksilla, joita on ympäristöseloste laskelmissa tutkittu.

Elinkaarilaskelma sisältää kaikki virrat, joille tieto oli saatavilla ja laskelman ulkopuolelle ei ole jätetty vaarallisia materiaaleja tai aineita. Sellaiset materiaalivirrat, joiden määrä on alle yhden prosentin verran toiminnallisesta yksiköstä on jätetty huomiotta. Tarkastelun ulkopuolelle on myös jätetty sellaiset tuotantoprosessin tukitoiminnot jotka eivät ole osa tuotantoa, kuten työntekijöiden työmatkat ja tuotannossa käytettyjen koneiden sekä rakennusten valmistus.

Kuva 5. Järjestelmärajat, jotka EPD:n laskemisessa olivat käytössä.

Tuotevaihe			Rakentamisvaihe		Käyttövaihe							Purkuvaihe				Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset		
Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljetus työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Osienvaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Hyödyntäminen	Kierrätys
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
x	x	x	x									x	x	x	x	x	x	x

6.2.2 EPD:n järjestelmäraajat ja oletukset

Raaka-aineiden tuotannon ympäristövaikutukset syntyvät, kun raaka-ainetta otetaan luonnosta, kuljetetaan käsittelyä varten yksikölle ja prosessoidaan. Lisäksi päästöjä syntyy, kun jätteitä muodostuu. Kaikki päävirrat infrastruktuuria myöten huomioitiin laskelmissa. Laskelmissa selvitettiin myös energian sekä raaka-aineiden häviöt. Valmistuksessa on kierrätys raaka-ainetta teräksessä, ja kierrätysmateriaalin osuus tuotteen raudoituksesta on arvioiden mukaan 33 %. Arvio perustuu Betoniteollisuus ry:n tekemään EPD ympäristöselosteeseen (Betoniteollisuus ry, 2022), jossa oli vastaava määrä teräksen kierrätysmateriaalin osuutena.

Raaka-aineiden kuljetus moduulissa, eli vaiheessa A2, huomioitiin raaka-aineiden kuljetuksista syntyvät päästöt siten, että raaka-aineiden tietoihin lisättiin valmistajan toimittamat etäisyydet ja kuljetusmenetelmät. Kuljetuksessa syntyvää materiaalihukkaa ei huomioitu, sillä on oletettu, että raaka-aineet on pakattu huolellisesti ja niitä käsitellään varovaisesti.

Tuotevaiheessa (A3) huomioitiin ympäristövaikutukset, jotka kattavat prosessissa syntyvän jätteen käsittelyn, koneiden käyttämän polttoaineen sekä materiaalit, jotka eivät päädy itse tuotteeseen. Tällainen prosessimateriaali on muottiöljy. Tuotevaiheessa huomioitiin raaka-ainehävikki, jota tapahtuu valmistusprosessin aikana.

Kuljetus työmaalle eli A4 elinkaaren vaihe sisältää tuotteen toimituksen työmaalle. Kuljetusetäisyys selvitettiin laskemalla vuoden aikana tehtyjen kuljetusten keskiarvo logistiikkajärjestelmän tietojen avulla. Tieto saatiin siis tehdaskohtaisesti.

Elinkaaren loppuvaiheessa tapahtuu tuotteen poistaminen (C1) ja kuljetus käsittelyyn eli vaihe C2. Ympäristövaikutuksissa huomioitiin polttoaineen valmistuksen päästöt ja pakokaasupäästöt sekä kuljetuksen infrastruktuuri. Jäte käsitellään kierrätystä varten (C3) ja lopulta kierrätetään C4.

Allokaatiolta ei voitu välttyä kuorilaatan ympäristöselosteita tehdessä. Tuotannon energian ja jätteiden tiedot on saatu kokonaistuotantoa kohden yhden vuoden osalta. Kyseisten

virtojen allokointi on tehty vuosituotannon tietojen avulla massaan perustuen. Raaka-aineden tiedot saatiin tutkittua toiminnallista yksikköä kohden reseptin avulla, joten kyseisten tietojen kanssa allokointia ei tarvittu.

6.2.3 Kuorilaattojen EPD:n luominen

Kun lähtötiedot olivat selvillä, niin kirjauduttiin OneClickLCA-nimiseen järjestelmään. One Click LCA on automatisoitu elinkaariarviointiohjelmisto, jota käyttämällä pystytään laskemaan rakennus- ja infrastruktuurihankkeiden ja tuotteiden ympäristövaikutuksia. Ohjelmassa on tietokanta, josta löytyy sekä valmistajakohtaisia tietoja, että keskimääräisiä paikallisia tietoja päästöistä. Luotettavuuden ja yhdenmukaisuuden vuoksi tietokantaan lisättävät tiedot käyvät läpi varmennusprosessin. One Click LCA valittiin käytettäväksi EPD:n luomisessa, sillä se on kehitelty rakennusalan tarpeisiin. OneClickLCA-järjestelmässä voidaan esimerkiksi tarkastella laskennan tuloksia, kuten kuvasta 6 voidaan nähdä. (OneClickLCA, 2023)

Ympäristöselosteet julkaistiin EPD hub -nimisellä järjestelmällä. OneClickLCA-ohjelmiston lisenssiin lisättiin lisäosa, jonka kautta ympäristöselosteiden laskennat tehtiin. EPD hub -järjestelmän kautta on mahdollista luoda EPD:tä, verifioida ja julkaista EPD:tä sekä etsiä jo julkaistuja EPD:tä. (EPD Hub, n.d.)

Laskentajärjestelmässä valittiin syötteet toiminnallista yksikköä kohden ja lisättiin myös muut tarvittavat tiedot, kuten tuotteen yleiset kuvaustiedot. EPD:t päätettiin tehdä englanniksi, sillä aiemminkin on luotu englanniksi ympäristöselosteita ja Parma on osa laajaa kansainvälistä konsernia, joten tietojen on hyvä olla englanniksi. Laskentaohjelmasta saadut tulosteet, eli Word-tiedostot lähetettiin tarkistukseen ja julkaistavaksi.

Kuva 6. Laskentaohjelmisto One Click LCA:n tulososio (OneClickLCA, n.d.)

The screenshot shows the One Click LCA software interface. At the top, there is a navigation bar with the One Click LCA logo, a '+ Lisää' button, and user information: 'Lisenssit - OHJEET - Heini -'. Below this is a breadcrumb trail: 'Pääsivu > One Click LCA EPD Template for Precast Concrete Elements > Consolis Parma Precast composite floor blank > Ympäristötuoteselosteen tuottaminen EPD Hubille'. There are buttons for 'Takaisin', 'Create PDF', 'Syötä tiedot', 'Vertaile', and 'Lisää toimintoja'. The main heading is 'Consolis Parma Precast composite floor blank - Ympäristötuoteselosteen tuottaminen EPD Hubille' with a link to 'Hankkeen perustiedot'. Below this is a 'Tulokset' section with a dropdown arrow. Underneath is a sub-heading: 'Pääasialliset ympäristövaikutusluokat - EN 15804 + A2, PEF'. The main table displays environmental impact results for five categories (A1 to A4).

Tuloskategoria	Ilmaston lämpenemispotentiaali yhteensä kg CO ₂ e	Ilmaston lämpenemispotentiaali fossiilinen kg CO ₂ e	Ilmastonlämpenemispotentiaali biogeeninen kg CO ₂ e	Ilmaston lämpeneminen, LULUC kg CO ₂ e	Stratostaäriin otsonikerroksen ehtymispotentiaali kg CFC11e	Happamoitumispotentiaali, kumulointunut ylitys mol H ⁺ eq.
A1 Raaka-aineiden hankinta ja prosessointi	1,62E2	1,599E2	2,007E0	3,951E-2	6,815E-6	4,762E-1
A2 Kuljetus tuottajalle	6,099E0	6,093E0	4,378E-3	1,851E-3	1,431E-6	2,687E-2
A3 Tuotantovaihe	3,89E0	3,779E0	7,366E-2	3,716E-2	6,309E-7	2,75E-2
A1-A3 Tuotevaihe	1,72E2	1,698E2	2,085E0	7,852E-2	8,877E-6	5,305E-1
A4 Kuljetus rakennustyömaalle	1,426E1	1,425E1	8,732E-3	5,318E-3	3,313E-6	4,298E-2

Kuorilaattojen julkaistut EPD:t sisältävät tietoa muun muassa kyseisten tuotteiden ympäristövaikutuksista ja erilaisten ympäristövaikutuskategorioiden avulla saadaan selville, että millainen vaikutus ympäristön kannalta on kyseisellä tuotteella. Tässä työssä tutkitaan tuotteiden A1-A3-vaihetta, eli tuotevaihetta ja siitä ympäristövaikutuskategoriaa nimeltä GWP, joka ilmoittaa ilmasto- ja lämmittävän vaikutuksen. Siten kuorilaatan sekä vähähiilisen kuorilaatan EPD:stä poimittiin kyseiset lukemat mukaan koko pysäköintitalon laskentaa varten.

6.3 Pysäköintitalon laskenta

Laskenta on suoritettu käyttäen pysäköintitalon elementtejä, joiden elinkaariarviot on laadittu soveltuvin osin standardin EN 15804 mukaisesti. Kyseisessä standardissa on elinkaaren eri vaiheisiin jaoteltuna rakennustuotteen ympäristövaikutukset ja siitä selviää myös säännöt, joita noudattaen ympäristöselosteita on mahdollista laskea tuotteille. EPD eli ympäristöseloste on tarkoin mahdollinen tieto rakennustuotteiden ympäristövaikutuksista. Pysäköintitalon laskennan suorittamiseksi selvitettiin tarvittavista tuoteryhmistä tiedot sekä suoritettiin laskenta Exceliä käyttäen.

6.3.1 Laskennan suorittaminen Excelissä

Aluksi ajatuksena oli käyttää rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalua mutta tarkemmin siihen perehdyttyä, huomattiin että se ei ollutkaan sellainen, joka olisi sopinut laskennassa käytettäväksi. Parmalla on omia vähähiilisiä tuotteita, joita ei löydy kyseisestä arviointityökalusta. Ympäristöministeriön (2019) arviointityökalussa on käytetty VTT:n tietoja ja työkalu on vuodelta 2019, joten joistakin arvoista on uudempi lukema tiedossa. Siten päätettiin luoda oma Excel, jossa olisi tarvittavat kg CO₂/ton-tiedot elementeille ja valmisbetonille. Excelin luomisessa mietittiin käytettävyyttä, eli sitä että tiedosto on käytettävissä uudelleen jonkin toisen projektin hiilijalanjälkeä laskiessa. Siten voidaan laskea muidenkin rakennusprojektien tuottamaa hiilidioksidi kuormitusta.

Jotta saatiin selville pysäköintitalon hiilidioksidiekvivalentti lukema kilogrammoina, käytettiin esimerkkituotteen elementtejä laskennassa ja niistä kerättiin tarvittavat tiedot Exceliin (Liite 3). Parman kuorilaatata tehtiin omat ympäristöselosteet sekä vähähiilisenä että vakiotuotteena (Liitteet 1 & 2). OneClick LCA:ta ja Co₂-dataa käyttämällä sekä Parman ja Betoniteollisuuden EPD:tä hyödyntämällä saatiin selville käytettyjen tuotteiden päästöarvoja. Saadut tiedot vietiin Exceliin, jossa varsinainen laskenta tapahtui.

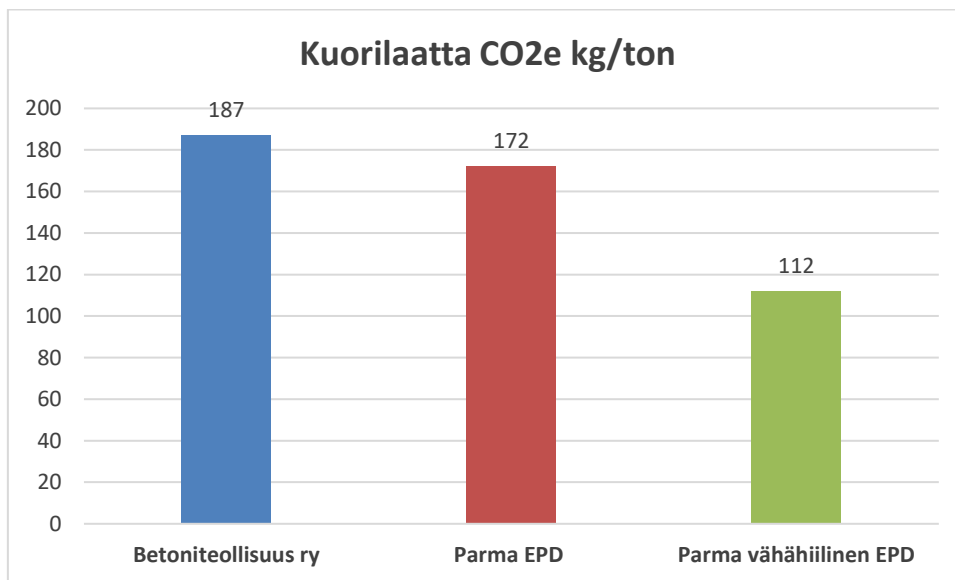
Laskentaan vaikuttavia seikkoja on se, miltä tehtailta ja millä reseptiikalla valmistetaan pysäköintitaloon tulevat betonielementit. Parman omien EPD:n osalta valitut elementtien valmistustehtaat ovat olleet niitä, joilta tarvittavien tuotteiden EPD:t ovat olleet saatavissa ja siten ne ovat siis edustaneet todellisuutta.

6.3.2 Pysäköintitalon laskennan tuoteryhmät ja pintavalubetoni

Tuotteet jotka olivat mukana laskennassa ovat kuorilaatat, palkit, pilarit, sokkelit, massiivilaatat, väliseinät sekä niiden lisäksi pintavalut huomioitiin. Tuotteille löytyi useita päästökertoimia eri lähteistä, joten työn tilaajan kanssa keskusteltiin siitä, mitä arvoja laskennassa käytetään. Lisäksi Co₂-datassa on olemassa arvoille konservatiivisuuskerroin, joka myös huomioitiin joissakin pysäköintitalon laskelmissa.

Kuorilaattoja on kohteessa noin 2500 tonnia. Kuorilaattoihin laskettiin mukaan myös kohteessa olevat reunakuorilaatat. Kuorilaatoille löytyi Betoniteollisuus ry:n tekemä EPD, jossa lukema oli 187 CO₂ e kg/ton. Lisäksi Parmalle luotiin Parman oman kuorilaatan EPD sekä vähähiilisen kuorilaatan EPD. Yksikkö CO₂e kg/tonnia on Parman vakiotuotteessa 172 ja vähähiilisessä 112. Kuvassa 7 on esitettyinä kuorilaatan eri lähteistä löytyvät yksiköt. Parman vähähiilinen kuorilaatta saa noin 40 prosenttia pienemmän CO₂e kg/ton arvon verrattuna Betoniteollisuus ry:n EPD:n lukemaan. Sen sijaan Parman vakiotuotteena olevan kuorilaatan arvo verrattuna Parman vähähiiliseen kuorilaattaan on noin 35 prosenttia suurempi. (Betoniteollisuus ry, 2022; Parma Oy, 2023a; Parma Oy, 2023c)

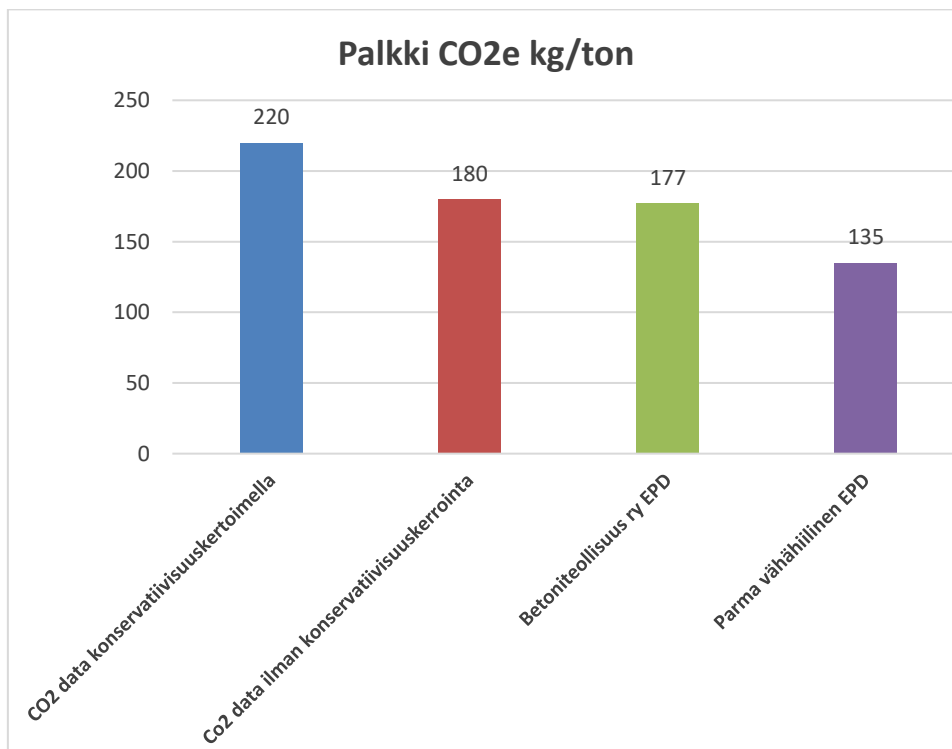
Kuva 7. Kuorilaattojen hiilidioksidiekvivalentti lukemia A1-A3 moduuleissa.



Palkkeja on pysäköintitalossa hieman yli 1200 tonnia. Palkit ovat suorakaidepalkkeja suurin osa sekä muutamia leukapalkkeja on myöskin tutkittavassa pysäköintitalossa. Niiden ilmasto- ja lämmittävä vaikutus on Co₂-datan mukaan 0,22 kg CO₂e/kg. Kyseinen lukema sisältää konservatiivisuuskertoimen ja tonnia kohden muunnettuna on 220 kg CO₂e/ton ja mikäli konservatiivisuuskertoimen ei huomioida on yksikkö 180 kg CO₂/ton. Lisäksi Betoniteollisuus ry on luonut palkkeille EPD:n joka on valmistunut vuonna 2021. Parmalla on myös oma EPD olemassa vähähiiliselle palkille ja kyseisessä tuotteessa on lähes 40 prosenttia vähemmän hiilidioksidiekvivalenteja, sillä siinä lukema tonnia kohden on 135 kg CO₂e kg. Kuvassa 8 voidaan nähdä, että vähähiilisen tuotteen ero on merkittävä verrattuna

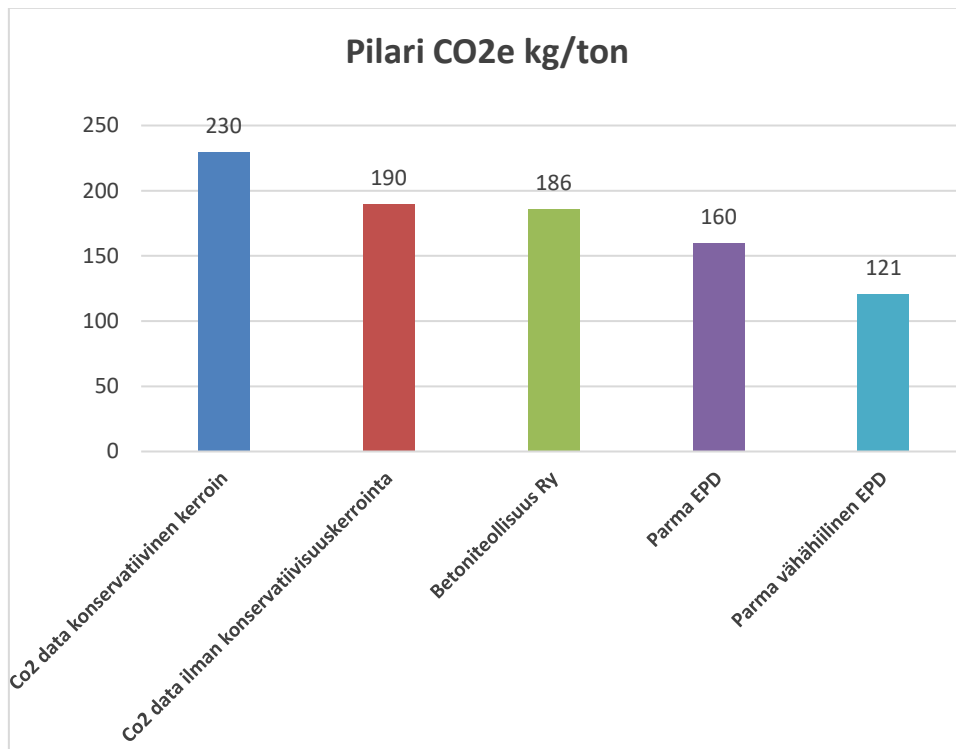
esimerkiksi konservatiivisuuskertoimella laskettuun Co2-datan lukemaan ja prosentteina eroavaisuus on noin 39 % ja ilman konservatiivisuuskerronta olevaan Co2-datan arvoon verrattessa ero on 25 prosenttia. (Suomen ympäristökeskus, 2022b; Parma Oy, 2022a; Betoniteollisuus ry, 2021a)

Kuva 8. Palkkien arvoja hiilidioksidiekvivalenttien suhteen



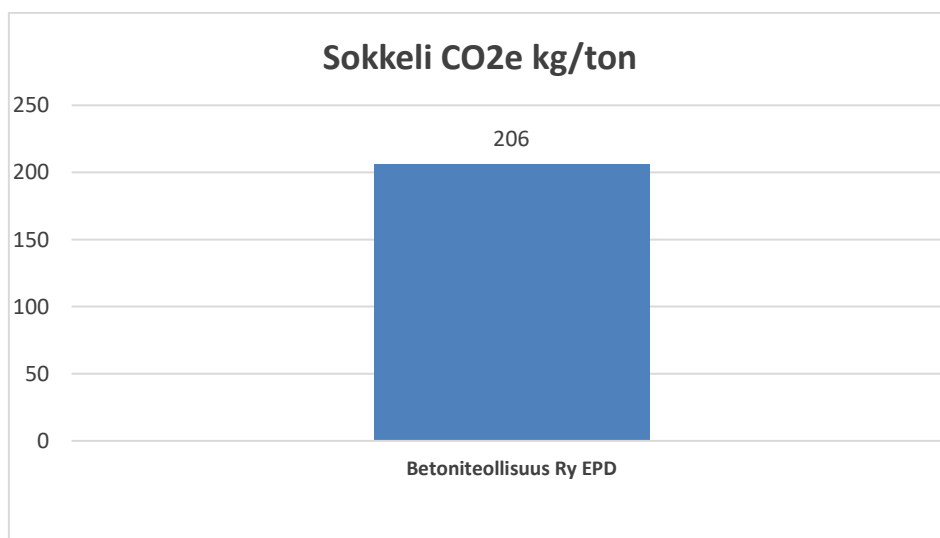
Pilareita on tässä kyseisessä kohteessa lähes 500 tonnia. Pilareihin on laskettu mukaan myöskin rakennuksen vinosauvaelementit. Pilareille löydettiin kuvassa 9 näkyviä lukemia, kun niiden ympäristövaikutuksia tutkittiin. GWP arvo kyseiselle tuoteryhmälle on Betoniteollisuus ry:n tekemän EPD:n mukaan 0,46 kg CO2e/kg ja Co2-datassa samalle yksikölle on arvo 230 tai 190 riippuen siitä käytetäänkö konservatiivisuuskerronta. Parmalla on olemassa omia laskentoja EPD:nä ja niissä tulokset ovat 160 kg CO2 e/ton sekä 121 kg CO2 e/ton vähähiilisellä tuotteella. Siten vähähiilinen tuote on ilman konservatiivisuuskerronta olevaan lukemaan 190 kg CO2 e/ton verrattessa 36 prosenttia pienempi. (Suomen ympäristökeskus, 2022c; Betoniteollisuus ry, 2021b; Parma Oy, 2019a; Parma Oy, 2022b)

Kuva 9. Pilareiden hiilidioksidiekvivalenttilukemia tonnia kohden



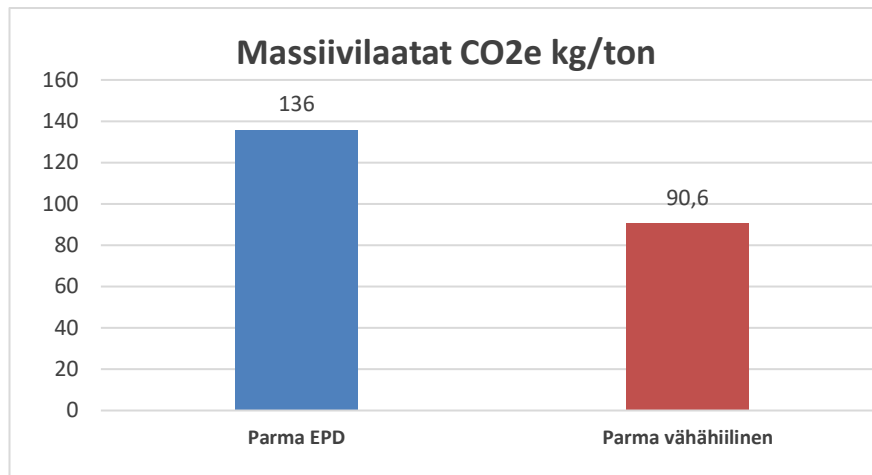
Sokkeleiden arvoa on tässä työssä käytetty Ake-elementeille sekä S-elementeille. Yhteensä laskennassa on sokkeleita hieman vajaat 450 tonnia. Sokkeleille löytyi yksi EPD, jonka Betoniteollisuus ry on julkaissut. Tuossa EPD:ssä sokkelielementit saavat arvon 206 CO2e kg tonnia kohden, kuten kuva 10 havainnollistaa. (Betoniteollisuus ry, 2022c)

Kuva 10. Sokkelilla opinnäytetyössä käytetty CO2e kg/ton-lukema.



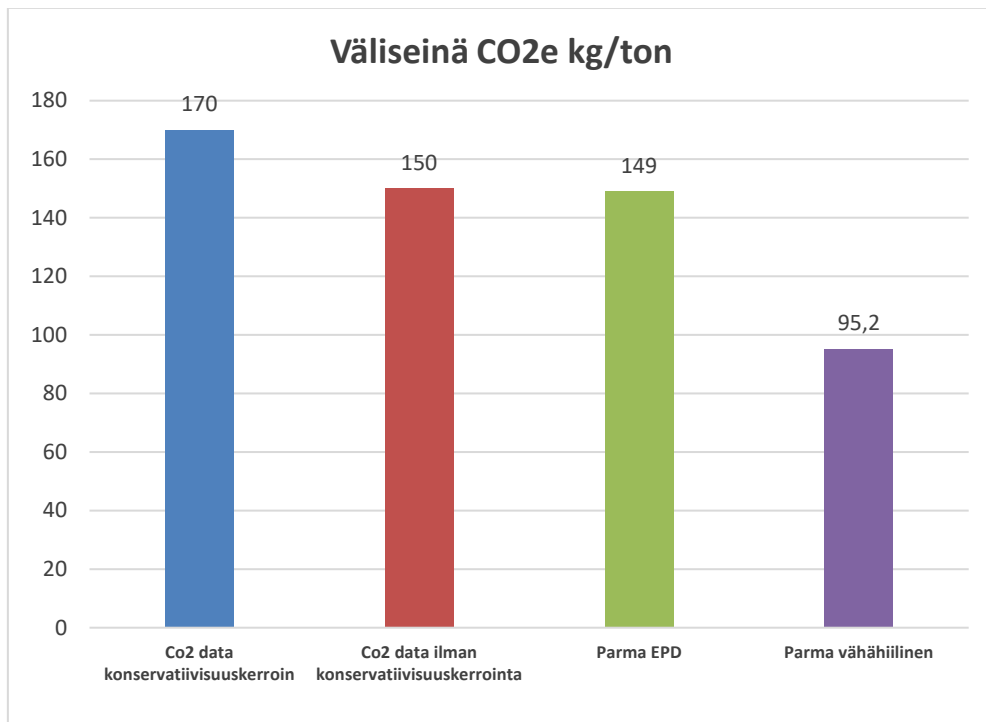
Massiivilaattoja on noin 80 tonnia ja niihin mukaan on laskettu muutama kattolaatta, joita pysäköintitalossa on. Massiivilaatoista löytyi kaksi hyvin tuoretta lukemaa, nimittäin Parman EPD:t jotka on julkaistu 2023 EPD Hubin kautta. Näissä on sekä perinteinen että vähähiilinen tuote ja niiden eroavaisuus hiilidioksidiekvivalenttien määrässä on noin 33 prosenttia, kun vakiotuotteen lukema on 136 CO₂kg/ton ja vähähiilisen massiivilaatan lukema on 90,6 CO₂kg/ton siten kuin kuvasta 11 voidaan nähdä. (Parma Oy, 2023b; Parma Oy, 2023d)

Kuva 11. Massiivilaattojen hiilidioksidiekvivalentti lukemia tonnia kohden.



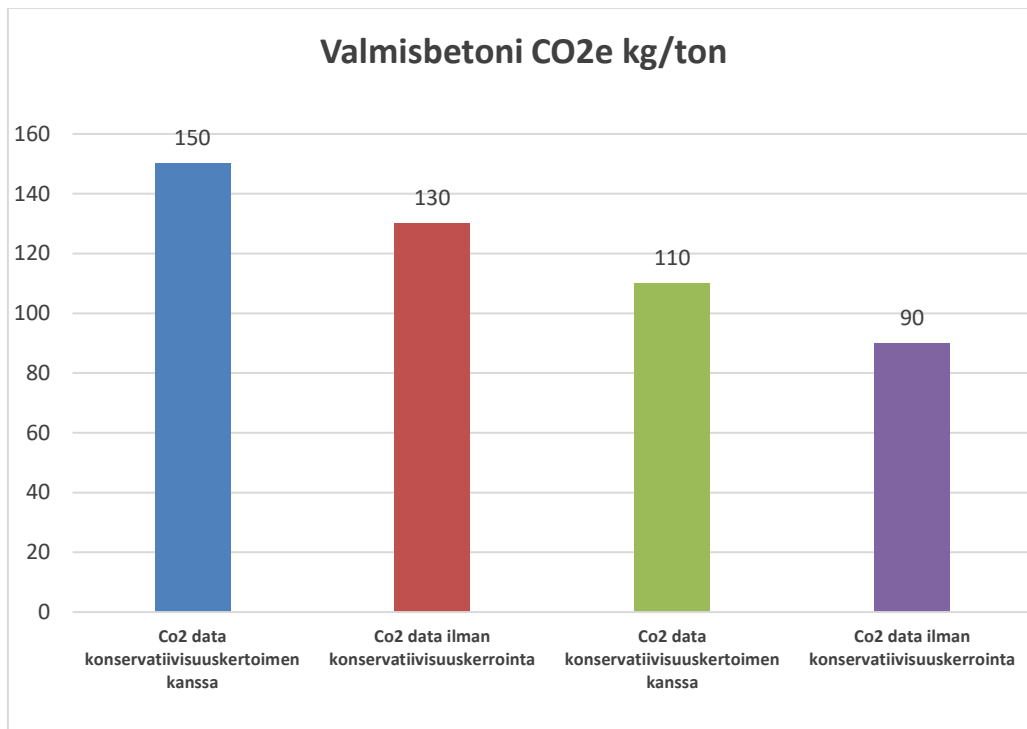
Pysäköintitalossa olevat Av-elementit sekä V- ja Vj-elementit on laskettu väliseinän arvojen mukaisesti. Väliseinille löytyi kolme erilaista arvoa, jotka on esitetty kuvassa 12. Co₂-datassa olevat lukemat olivat konservatiivisuuskertoimen kanssa 170 CO₂ e kg/ tonnia kohden ja ilman konservatiivisuuskerronta lukema on 150, mikä on lähes sama kuin Parman vakiotuotteen EPD:ssä. Vähähiilinen väliseinä on Parman EPD:n mukaisesti 95,2 CO₂ e kg/tonnia kohden. (Suomen ympäristökeskus, 2022d; Parma Oy, 2021a; Parma Oy, 2021b)

Kuva 12. Väliseinien hiilidioksidiekvivalentti arvoja

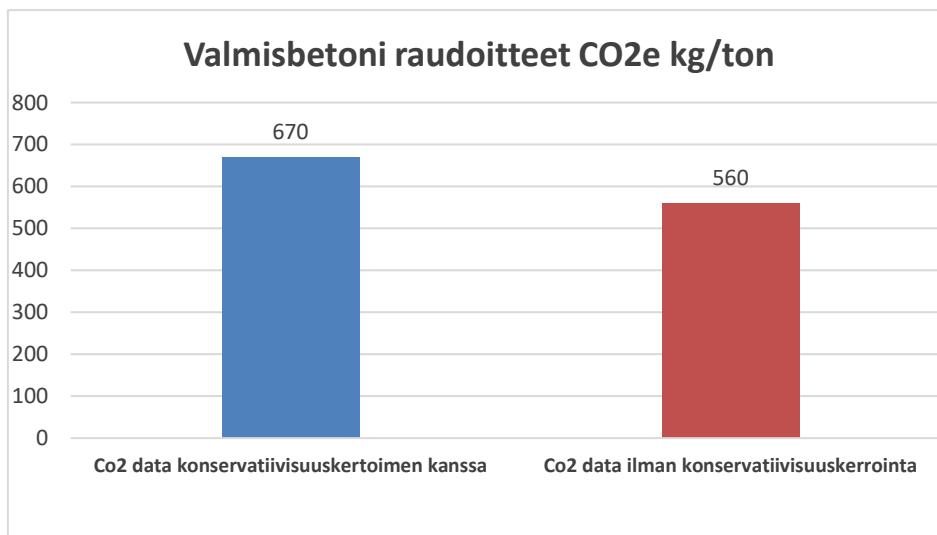


Kohteessa pintavaluja on yhteensä hieman reilut 1200 kuutiota, mikä tarkoittaa siis tonneissa reilua 3000 tonnia. Pintavaluihin katsottiin Co2-datasta arvoja. Pintavaluissa on C30/37 säänkestävä betoni käytössä. Co2-datasta löytyi arvoja valmisbetonille ja niistä pienimmät olivat 90 CO2 e kg tonnia kohden, kun katsottiin lukema ilman konservatiivisuuskertoimta. Löytyi myös korkeamman arvon saavia betoneita. Päästökertoimien arvot valmisbetoneille on koottu kuvaan 13. Valmisbetonien osalta myös pintavalun rauditus huomioitiin. Teräksiä ja verkkoja on kohteessa noin 60 tonnia. Raudituksen lähde on Co2-datasta ja tietokannasta otettiin huomioon sekä konservatiivisuuskertoimella oleva lukema, sekä se, joka on ilman konservatiivisuuskertoimta. Kuten kuvasta 14 näkyy, raudituksille laskelmissa käytettiin 670 sekä 560 arvoja kun yksikkönä oli CO2 e kg tonnia kohden. (Suomen ympäristökeskus, 2022e; Suomen ympäristökeskus, 2022f; Suomen ympäristökeskus, 2022g)

Kuva 13. Valmisbetonin hiilidioksidiekvivalentti lukemia



Kuva 14. Valmisbetonin raudotteiden päästökertoimia

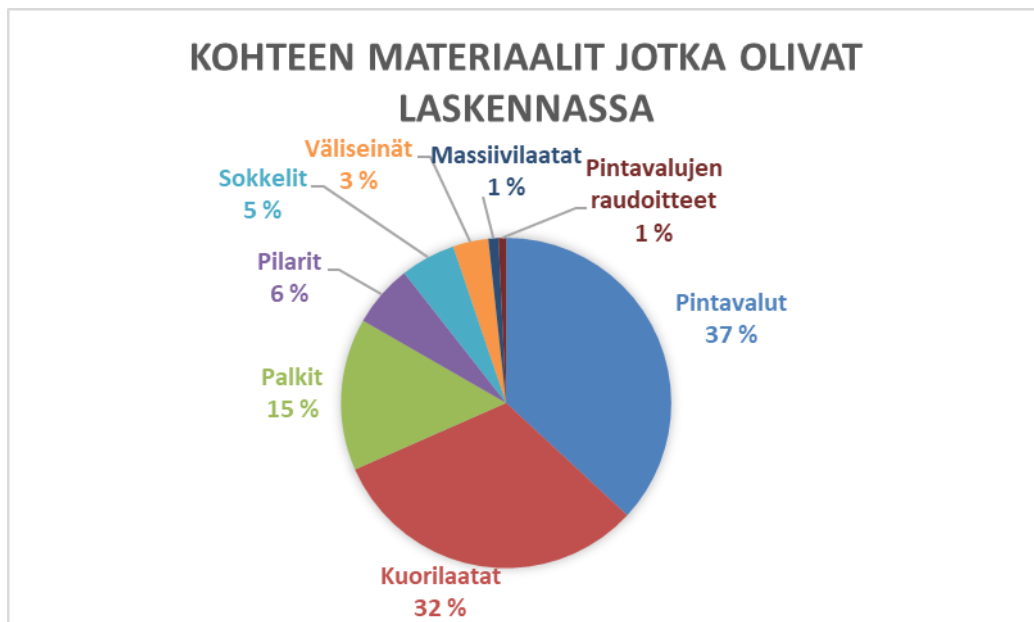


Kun oli selvillä tiedot elementtien määristä sekä CO2e/kg arvoista, niin ne syötettiin Exceliin joka laski yhteen koko pysäköintitalon betonien CO2 arvot ja jakoi ne 400 autopaikalla jolloin saatiin tieto minkä verran on yhtä autopaikkaa kohden lukemat.

7 Tulokset

Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että laskelmia tehtiinkin aiottua enemmän, sillä joillekin tuoteryhmille löytyi useita päästökertoimia, jolloin vertailun vuoksi tehtiin laskelmia Parman omien EPD:n tiedoilla, Co2-datan tiedoilla sekä Betoniteollisuus ry:n tekemien EPD:n tiedoilla. Työssä saatiin tulokseksi Parman pysäköintitalolle arvo sekä vähähiilisillä tuotteilla valmistetulle Parma Green -pysäköintitalolle arvo. Laskelmassa oli mukana 6 erilaista tuoteryhmää sekä pintavalut raudoitteineen. Laskennassa käytetyssä pysäköintitalossa oli painolla tarkasteltuna eniten pintavaluja, kuten kuvasta 15 näkyy.

Kuva 15. Laskennassa huomioitujen materiaalien jakauma kohteessa painon mukaisesti



Laskennasta löytyi vähähiilisin versio, jota verrattiin muihin laskelmiin. Ensin laskettiin koko rakennuksen lukema ja siinä tulokset vaihtelivat 1 505 045 kg CO₂ e ja 942 239 kg CO₂ e välillä. Ja kun huomioitiin pysäköintitalon 400 autopaikkaa, niin tulokset vaihtelivat arvojen 3763 kg CO₂e/autopaikka ja 2356 kg CO₂e/autopaikka välillä.

Laskelmia tehtiin seuraavanlaisilla versioilla jotka esitellään taulukossa 1 sekä kuvissa 16 ja 17 sekä seuraavissa kappaleissa suurimmista tuloksista pienimpiin. Ensin pysäköintitalon tulos laskettiin Betoniteollisuus ry:n ja Co2-datan tiedoilla, joissa oli

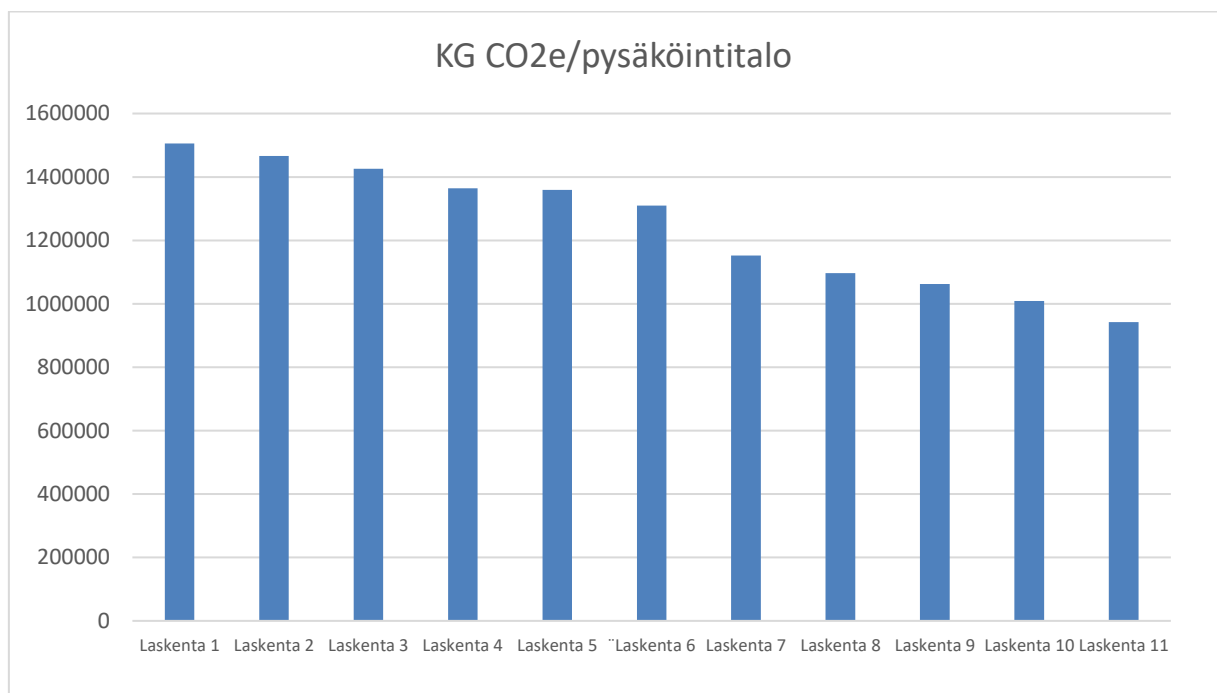
konservatiivisuuskertoimet mukana. Tällöin saatiin suurin mahdollinen lukema, eli 1 505 045 kg CO₂ e pysäköintitaloa kohden josta yhden autopaikan osuus on $1\,505\,045/400 = 3763$ kg CO₂e. Sitten suoritettiin sama laskenta, mutta vaihdettiin kuorilaatan tilalle Betoniteollisuus ry:n EPD:n lukeman sijaan Parman oman EPD:n lukema. Tällöin saatiin lukemaksi autopaikkaa kohden 3 666 kg CO₂. Kolmas laskelma oli Parman vakiotuotteilla ja Co₂-datan arvoilla siten, että konservatiivisuuserroin huomioitiin. Tällöin saatiin tulokseksi hieman yli 5 prosenttia pienempi lukema ensimmäiseen laskelmaan verrattuna, eli 3564 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Kun suoritettiin ensimmäinen laskelma uudelleen, eli Betoniteollisuuden ja Co₂-datan arvoja käytettiin, mutta niistä otettiin ilman konservatiivisuuserrointa olevat tiedot, saatiin lopputulokseksi 3 410 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Opinnäytetyössä tehtiin myös sellainen laskelma, jossa huomioitiin Parman vakiotuotteet sekä otettiin muut tiedot Co₂-datasta ilman konservatiivisuuserrointa, paitsi palkeissa oli mukana kyseinen kerroin. Tällöin tulos oli 3397 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Kun laskenta tehtiin Parman vakiotuotteiden EPD:tä ja Co₂-datan arvoja ilman konservatiivisuuserrointa käyttäen saatiin tulos, joka oli jopa 488 kiloa pienempi ensimmäiseen laskentaa verrattuna eli 3 275 kg CO₂ e autopaikkaa kohden.

Kun laskennassa alettiin huomioida vähähiilisiä tuotteita, niin CO₂ e lukemat pienenevät merkittävästi. Laskennassa numero 7 oli käytössä Parman vähähiilisten kuori- ja massiivilaattojen EPD:n arvot sekä Co₂-datan arvoja ilman konservatiivisuuserrointa. Tällöin lukema autopaikkaa kohden oli alle kolme tuhatta eli 2880 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Kun vähähiilisten tuotteiden määrää lisättiin laskennassa, eli tehtiin muuten sama laskenta kuin numero 7, mutta vähähiilisenä laskettiin palkit, pilarit, väliseinät ja massiivilaatat, saatiin lukemaksi 2741 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Kun huomioitiin kaikki Parman vähähiiliset tuotteet tässä projektissa, sekä niiden lisäksi pintavalut ja raudotteet ilman konservatiivisuuserrointa, niin lukemaksi saatiin 2657 kg CO₂ e autopaikkaa kohden. Lähes 2,5 tuhanteen päästiin kun laskettiin Parman kaikki vähähiiliset tuotteet pysäköintitalossa sekä Co₂-datasta valittiin vähähiilinen betoni konservatiivisuuskertoimella. Laskenta 11 oli kaikkein vähähiilisin, sisältäen siis vähähiilisten tuotteiden lukemia ja valmisbetonin osalta sellaiset arvot joissa on tyypillinen GWP-lukema, ei siis konservatiivisuuserrointa. Tällöin päästiin alle 2,5 tuhannen ja lopullinen lukema oli 2 356 kg CO₂ e autopaikkaa kohden.

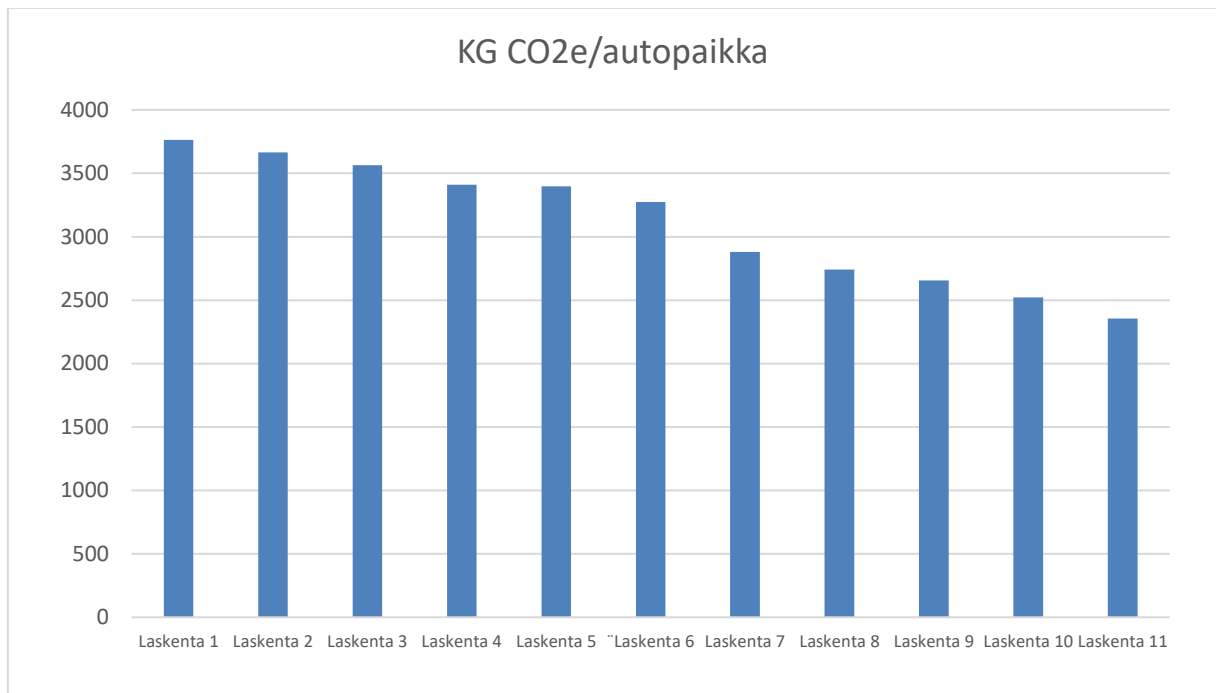
Taulukko 1. Eri laskelmien tuloksia rakennusta ja autopaikkaa kohden

Laskenta nro	Rakennus CO2 e kg	kg Co2 e/autopaikka
1	1505045	3763
2	1466479	3666
3	1425634	3564
4	1363880	3410
5	1358732	3397
6	1310074	3275
7	1152143	2880
8	1096503	2741
9	1062719	2657
10	1009142	2523
11	942239	2356

Kuva 16. Eri laskelmilla saatuja tuloksia tunnusluvulla kg CO2e/rakennus



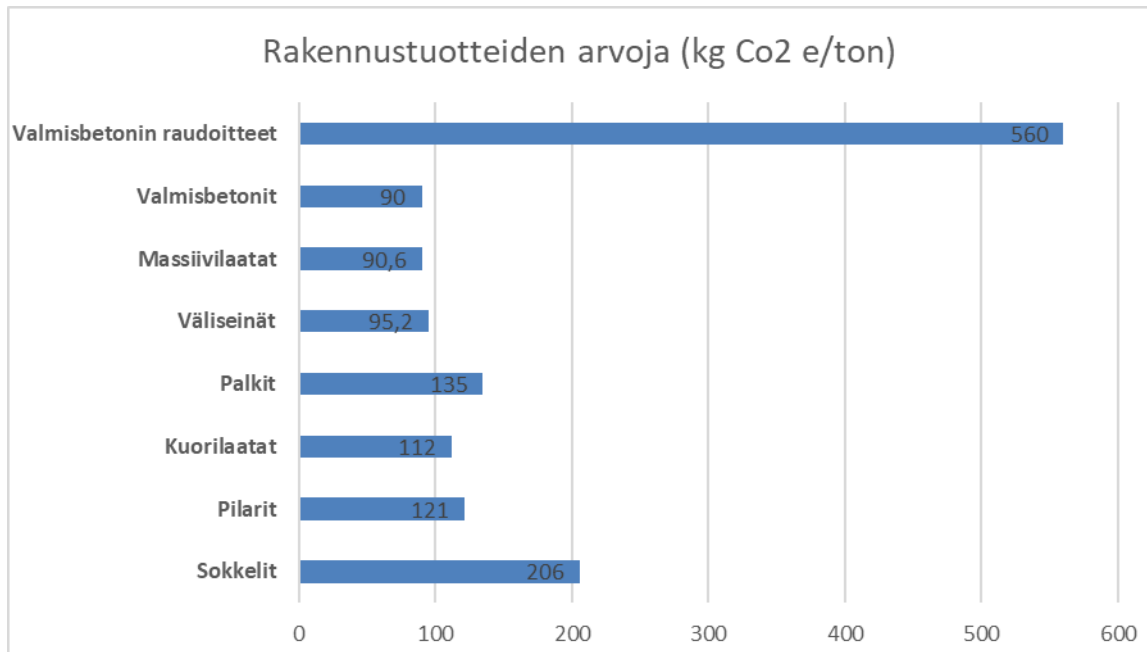
Kuva 17. Eri laskelmilla saatuja tuloksia tunnusluvulla kg CO2e autopaikkaa kohden



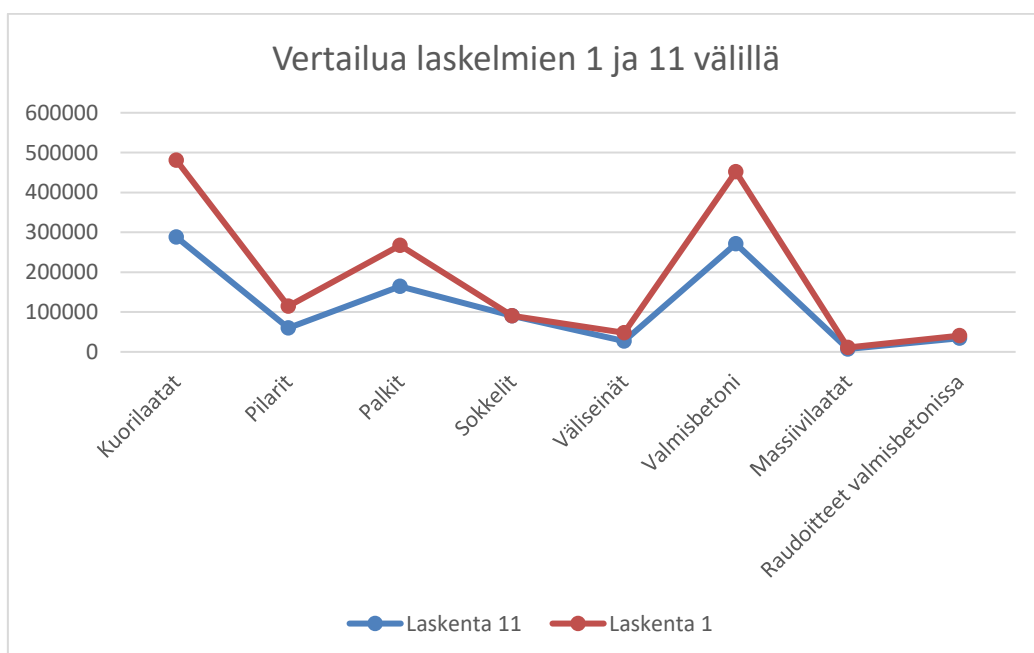
Parma Green -pysäköintitalo muodostuu vähähiilisten betonituotteiden ja vähähiilisen paikallavalubetonin avulla. Vähähiilisimmän laskennan tuotteiden sekä valmisbetonin päästöarvoja on esitetty kuvassa 18. Vähähiiliset vaihtoehdot löytyvät palkeille, pilareille, kuorilaatalle, väliseinille, massiivilaatoille sekä paikallavalubetonille. Siten laskennan mukaisesti kuorilaatat 2 571 tonnia kerrottiin Parman vähähiilisen EPD:n arvolla 112 ja tulokseksi saatiin 287958 kg CO₂ e kuorilaattojen osalta kyseisessä rakennuksessa. Samalla tavoin laskettiin pilarit (498,54 tonnia kerrottuna 121 Parma vähähiilisen EPD:n lukema), palkit (1 216,5 tonnia kerrottuna 135 Parma vähähiilisen EPD:n lukema), väliseinät (283 tonnia kerrottuna 95,2 Parma vähähiilisen EPD:n lukema) ja massiivilaatat (80,79 tonnia kerrottuna 90,6 Parman vähähiilisen EPD:n lukema). Co₂-datasta löydettiin pintavaluille arvot, eli vähähiilisen betonin sekä raudotteiden lukema. Pintavaluja on tässä 3012 tonnia ja kyseinen luku on kerrottu valmisbetonin kg CO₂e/ton arvolla 90. Lukema on Co₂-datasta ilman konservatiivisuuserroa. Sokkeleiden osalta löytyi yksi arvo päästöille, joten Betoniteollisuuden lukemaa 205,78 kg CO₂ e/ton käytettiin kohteen 439,57 tonnille sokkeleita. Tällöin koko pysäköintirakennuksen CO₂ e kg lukema on 942 239 kilogrammaa.

Pysäköintitalossa on 400 autopaikkaa, joten yhtä autopaikkaa kohden lukema on 2356 kg CO₂ e. Tällöin lukema on noin 37 prosenttia pienempi kun verrataan laskelmaan, jossa tuotteille oli laskettu Co₂-datan konservatiivisuuskertoimilla sekä Betoniteollisuuden arvoilla päästöjen määrä. Suurimman ja pienimmän laskelman välistä vertailua on tehty kuvassa 19.

Kuva 18. Opinnäytetyössä käytettyjen rakennustuotteiden päästölukemia



Kuva 19. Vertailua laskelmien 1 ja 11 välillä



8 Johtopäätökset ja kehittämissuhteet

Rakennuksen vähähiilisyys voidaan vaikuttaa monin eri tavoin, mutta laskennan tuloksia tutkimalla voidaan nähdä ne lähteet, joista suurimmat päästölähteet muodostuvat. Kyseisiin kohteisiin keskittymällä saadaan aikaan suurimpia muutoksia pysäköintitalon hiilidioksidipäästöjen osalta. Opinnäytetyön myötä uusia kehittämissuhteita ja jatkotutkinta aiheita muodostui.

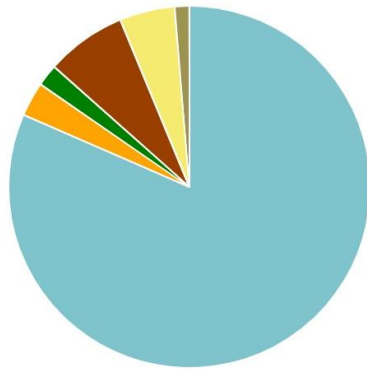
8.1 Johtopäätökset tuloksista

Parman vähähiilisiä tuotteita käyttämällä laskennassa saatiin aikaan merkittävä ero vakiotuotteilla valmistettuun pysäköintitaloon nähden. Suurimmillaan ero oli noin 37 %, kun verrattiin laskelmissa suurimman tuloksen saanutta lukemaa pienimpään lukemaan. Vähähiilisten tuotteiden ympäristövaikutuksia tutkiessa nähdään, että suurin eroavaisuus vakiotuotteisiin saavutetaan A1 vaiheessa eli moduulissa raaka-aineiden hankinta ja prosessointi. Kuorilaattojen osalta esimerkiksi vähähiilisen ja vakiotuotteen eroavaisuudet A1 kategoriassa ovat 65 prosentin luokkaa ja täten suuri eroavaisuus johtuu tuotteen raaka-aineissa tehdyistä muutoksista. Käytössä on siis ollut ehkäpä ympäristöystävällisempää betonimassaa, raaka-aineet on saatettu hiilioptimoida tai raaka-aineita on korvattu kierrätysmateriaaleilla. Betonituotteilla A1-moduuli tuottaa eniten ympäristövaikutuksia koko elinkaaren aikana, kuten esimerkiksi kuorilaatan elinkaareiden vaiheiden ilmaston lämpöpotentiaali kuvasta 20 voidaan nähdä. Siten kehitystyötä ajatellen juuri raaka-aineisiin kannattaa kiinnittää huomioita, esimerkiksi käytetyn sementin päästöihin kannattaa kiinnittää huomiota. Onneksi sementtiin liittyen on tapahtunut jo paljon erilaista kehitystyötä kuten luvussa 2 todettiin.

Kuva 20. Päästöjen jakautuminen eri vaiheille kuorilaatan ympäristöselosteessa
(OneClickLCA, n.d.)

Ilmaston lämpenemispotentialiaali yhteensä kg CO₂e - Elinkaaren vaiheet

- A1 Raaka-aineiden hankinta ja prosessointi - 81.5%
- A2 Kuljetus tuottajalle - 3.1%
- A3 Tuotantovaihe - 2.0%
- A4 Kuljetus rakennustyömaalle - 7.2%
- C1 Purkaminen - 4.9%
- C2 Jätteiden kuljetus - 1.3%



Mitä enemmän pysäköintitalossa käytetään vähähiilisiä tuotteita, sitä pienempi CO₂ e lukema saadaan. Verrattessa esimerkiksi laskelmaa, jossa on käytetty Parman vakiotuotteiden EPD:tä sekä Co₂-datan arvoja laskelmaan joka on muuten samanlainen, mutta kuori- ja massiivilaatat ovat Parman vähähiilisiä tuotteita, niin tällöin saadaan päästöjä laskettua jopa noin 18 prosenttia. Kaikkein tarkin laskelmien tieto on se, joka on laskettu Parman omia EPD:tä hyödyntämällä, koska tällöin tuotteiden tiedot on kerätty Parman tehtailta, joissa kyseisiä tuotteita valmistetaan. Kun huomioidaan laskennassa Parman omat EPD:t ja verrataan vastaavaa laskelmaa samanlaiseen, jossa on vakiotuotteiden sijaan Parman vähähiiliset käytössä, niin ero on noin 30 prosentin luokkaa. Laskennoissa käytettiin sekä tyyppillisiä arvoja että konservatiivisia arvoja, sillä ne molemmat lukemat löytyivät Co₂-datasta helposti ja laskennoissa oli hyvä tutkia molempien arvojen mukaisia tietoja.

Tuloksia verrattiin myös opinnäytetyöhön, jossa Lipiäinen (2014) on tehnyt laskelmia pysäköintitalon CO₂e-lukemista yhtä autopaikkaa kohden. Hänen tutkimuksessaan lukemat laskettiin 25 neliön autopaikkaa kohden ja tuo 25 neliötä on yhden auton tehollinen tilan

tarve. Jotta tässä opinnäytetyössä saatuja tuloksia voitiin verrata Lipiäisen tekemään työhön, muutettiin laskentoja sen verran, että vertailun tekeminen onnistui. Tässä opinnäytetyön kyseisessä pysäköintitalossa ei auton tehollinen tilan tarve ole välttämättä 25 neliötä, mutta jotta vertailu saatiin tehtyä, niin siten oletettiin. Lipiäisen työssä suurin tulos oli 21 113 CO₂ kg/autopaikka ja pienin tulos 16 103 CO₂ kg/autopaikka. Kun tässä opinnäytetyössä saadut tulokset muutettiin 25 neliön kokoista aluetta kohden, niin tulokset vaihtelivat 19 238 CO₂ kg/autopaikka ja 12 533 CO₂ kg/autopaikka välillä, joten olivat siis samankaltaisia kuin aiemmassa tutkimuksessa saadut tulokset, mutta vähähiilillä tuotteilla arvoja saatiin pienemmiksi kuin mitä ne olivat Lipiäisen työssä. Vähähiilisiä tuotteita käyttäen saatiin vähennettyä autopaikkaa kohden hiilidioksidiekvivalenttien määrää jopa 22 prosenttia, kun verrataan Lipiäisen laskelmiin. Lipiäisen tekemän työn aikaan Parmalla ei ollut vielä kehitettynä vähähiilisiä tuotteita.

8.2 Kehittämisehdotukset

Opinnäytetyötä tehdessä selvisi erilaisia kehittämisehdotuksia, joilla voisi jatkaa tämän opinnäytetyön aiheen selvittämistä. Kehittämisehdotuksia oli tuoteryhmien lisäksi myöskin koko pysäköintitaloa ajatellen.

8.2.1 Vähähiilisten tuotteiden ominaisuuksien tarkastelu

Pysäköintitaloa suunniteltaessa tulee valita rakennukselle oikeanlaiset rasitusluokat, jotka riippuvat erilaisista rasitustekijöistä, kuten jäätymis- ja sulamisrasituksesta. Rasitusluokat vaihtelevat tuotteiden kesken, esimerkiksi Parman suunnitteluohjeen (Parma Oy, 2005) mukaisesti mikäli pilareissa ei ole suolaroiskeita, käytetään XC3,4, XF1 rasitusluokkia, mutta suolaroiskealueella eli 0,5 metrin korkeuteen saakka käytetään XC3,4, XF2 ja XD1 rasitusluokkia. Tässä opinnäytetyössä ei tutkittu vähähiilisten tuotteiden soveltuvuutta eri rasitusluokissa käytettäväksi. Erikoisrasitusluokat voivat tuoda esimerkiksi sulfaatinkestävyyden osalta ongelmia ja siten tuotteet eivät ehkä ole soveltuvia pysäköintitalossa käytettäväksi. Vähähiilisten tuotteiden käyttäminen rakenteissa eri rasitusluokissa tulisi selvittää, sillä tässä työssä tehdyssä tutkimuksessa ei selvitetty sitä, miten hyvin vähähiiliset tuotteet toimivat eri rasitusluokissa.

Vähähiilinen betoni on ominaisuuksiltaan sellaista, että kuivuminen on hitaampaa verrattuna normaaliin betoniin. Kehittämisehdotuksena on tutkia miten paljon vähähiilisen betonin hidas kypsymisaika vaikuttaa tuotannossa, sillä se saattaa tuoda haasteita aikataulullisesti. Myös toimituksissa tulee huomioida hitaampi kypsymisaika.

8.2.2 Koko pysäköintitalo kokonaisuuden tietojen huomioiminen

Voisi olla hyödyllistä selvittää pysäköintitalon päästöt elinkaariarvioinnin avulla, jolloin tulisi huomioitavaksi kaikki vaiheet koko elinkaaren ajalta. Elinkaariarvioinnissa voisi selvittää hiilidioksidin sitoutumista betoniin eli karbonatisoitumista pysäköintitalon betonirakenteihin. Erityisesti kannattaisi selvittää, että minkä verran karbonatisoituminen olisi elinkaaren lopussa mikäli betonielementit murskattaisiin, sillä murskatussa betonissa on enemmän pinta-alaa hiilidioksidin sitoutumiseen. Opinnäytetyössä ei huomioitu rakennuksen käytön aikaisia päästöjä, joita on esimerkiksi energian kuluttaminen. Toki rakennusten energiatehokkuus on jatkuvasti parantunut, mutta on se silti edelleen ympäristövaikutuksia tuova vaihe, joka voisi olla hyvä selvittää.

Opinnäytetyössä ei huomioitu pysäköintitalon käytön loppuvaihetta, eli jatkotutkimus voisi olla sellainen jossa pohdittaisiin sitä, että kun rakennuksen käyttö päättyy niin onko mahdollista irroittaa ja koota käytetyt betonielementtiosat siinä tapauksessa, mikäli rakennus puretaan, siirretään tai sitä laajennetaan. Olisi hyvä tietää millainen kierrätävyyssaste pysäköintitalossa käytetyillä betonielementeillä on ja millainen potentiaali kierrätävyyssasteen parantamisessa on. Lisäksi huomioimatta jäi rakennuspaikan hiilijalanjälki, sillä sekin tulisi olla osana vähähiilisyden arviointia.

Pysäköintitaloja on paljon erilaisia ja tässä laskennassa on huomioitu vain lämmittämättömän pysäköintitalon rakenne pysäköintitalosta. Kuitenkin on myös lämmitettyjä pysäköintitaloja, joten tulisi tällöin tutkia myös sellaisten rakennusten vähähiilisyttä.

8.2.3 Nykyisten tuotteiden kehittäminen

Kehitystyöissä ei kannata unohtaa yksittäisen betonielementin reseptiikan kehittämistä, sillä betonielementin raaka-aineilla on merkittävä osuus tuotteen hiilijalanjälkeen ja sitä kautta koko pysäköintitalon hiilijalanjälkeen, kuten luvussa 8.1 todettiin. Vähähiilillä tuotteilla oli merkittävä eroavaisuus hiilidioksidiekvivalenttien määrässä vakiotuotteisiin verrattuna, joten Parman kannattanee luoda vähähiilisiä versioita myös niistä tuotteista joista sitä ei vielä tällä hetkellä ole eli esimerkiksi sokkeleista.

Reseptiikan lisäksi toinen merkittävä jatkotutkimus voisi olla se, että voisiko pysäköintitaloa suunnittelussa keventää, esimerkiksi rakenteita optimoimalla. Toisaalta rakenteiden optimointi on varmasti viety jo suunnittelussa mahdollisimman pitkälle. Sen vuoksi on parempi keskittyä pysäköintitalossa käytettävien tuotteiden ominaisuuksiin ja niiden valmistustapoihin.

8.2.4 Uuden standardinmukaisesti tietojen tarkastelu

Ympäristöselosteita oli saatavilla erilaisilla EN standardiversioilla. Osa laskennassa käytetyistä EPD:stä sisälsi EN 15804+A1 -standardin mukaista tietoa ja uudemmat olivat EN 15804+A2 -standardiversion mukaiset. Laskennassa käytettiin siis myös +A1 mukaisia EPD:tä, vaikka niiden EPD-data onkin aiemman standardiversion mukaista. Joistakin ympäristöselosteista oli saatavilla sekä EN 15804+A1- että EN 15804+A2- standardin mukaisia tietoja, kuten liitteessä olevista EPD:stä löytyy molempien standardien mukaisia lukemia, joista laskelmissa huomioitiin uusimman standardin mukaiset tiedot.

Kehitysideana voisi tutkia, miten paljon tulokset muuttuisivat kun olisi saatavilla kaikille tarvittaville tuotteille ympäristödataa uuden standardin mukaisesti. Tässä tutkimuksessa vanhan standardin mukaisia tietoja oli esimerkiksi Parman vakiotuote pilarin osalta. Parman pilarin ympäristöseloste on voimassa 2.3.2024 saakka, joten kyseinen tiedosto luultavasti päivitetään vuonna 2024 EN 15804+A2-standardin mukaisella datalla.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön suunnittelussa ja toteuttamisessa ei ollut tarkkaa aikataulua, mutta tilaajan kanssa sovittiin alustavat ja suuripiirteiset aikarajat. Syksyllä 2022 opinnäytetyön suunnitelma luotiin ja teoriatausta kerättiin ja itse laskelmat saatiin valmiiksi keväällä 2023. Opinnäytetyö oli pitkä ja opettavainen prosessi. Toiminnallisessa opinnäytetyössä on hienoa, kun pääsi kehittämään jotain uutta ja sai olla tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Työn lopputuloksena on tilaajan toiveiden mukainen lopputulos, eli vähähiilisen pysäköintitalon määrittelyä koskeva Excel ja siihen liittyvä kirjallinen osuus opinnäytetyössä sekä laskelmaan tarvittavien ympäristöselosteiden luominen.

Työn kautta opin pitkä kestoisen prosessin etenemistä, oman työn aikatauttamista sekä tietojen etsintää. Yhteistyö toimeksiantajan kanssa toimi hyvin ja työn lopputulos oli sellainen jota pyydettiin. Haasteita työskentelyyn toi se, että pysäköintitalo on iso rakennus, joten on paljon huomioitavia seikkoja. Opin lisää hiilijalanjäljen laskemisesta ja koen että oma osaamiseni on lisääntynyt siinä, että ymmärrän miten kokonaisten rakennusten hiilijalanjälki muodostuu. Ympäristöselosteiden luominen oli tuttua ennen opinnäytetyötä, mutta koko rakennuksen päästöjen laskeminen oli uusi mielenkiintoinen asia. Laskelmat tehtiin käyttäen Exceliä ja ympäristöselosteet luotiin sähköisellä laskentajärjestelmällä joten koen, että tekniset osaamiseni ovat kasvaneet. Työssä toteutetut EPD-ympäristöselosteet tehtiin englanniksi, joten joidenkin sanojen kääntäminen tuotti hieman haasteita.

Opinnäytetyössä tehty laskenta on toistettavissa ja kun käytössä oli todellisen pysäköintikohteen elementtiluettelot sekä Parman omia EPD:tä, niin voidaan olettaa, että tulokset tuovat luotettavan ratkaisun tutkimuskysymykseen. Pysäköintitalot ovat kuitenkin erilaisia projekteja, joten jokaiselle tulisi laskea omat arvonsa, jotta saadaan tarkemmat lukemat selville, sillä tässä opinnäytetyössä saadut tulokset koskettavat vain kyseistä opinnäytetyössä käytettyä kohdetta. Kaikki laskentaan liittyvät aineistot, eli Excelit, joissa laskenta suoritettiin ja EPD laskentaan liittyvät Excelit on tallennettu Parman Document Manager -nimiseen tiedostojen talletusjärjestelmään, josta ne on löydettävissä, mikäli laskenta toistetaan jossakin vaiheessa. Opinnäytetyössä käytettiin luotettavia lähteitä tuotteiden päästökertoimille, joten saatujen tulosten voidaan olettaa olevan

totuudenmukaisia ja siten selville saatu vähähiilisen pysäköintitalon eroavaisuus CO2 ekv kg/pysäköintipaikka tunnusluvulla mitattuna on sellainen mittari, joka mittaa haluttua asiaa. Lähtötiedot ovat pysäköintitalon kohteen osalta valmistajan omia, kuten esimerkiksi elementtiluettelot ja hiilidioksidilukemien osalta käytettiin verifioituja eli kolmannen osapuolen varmistamia tietoja.

Tässä opinnäytetyössä käytetyn kohteen osalta saadaan suuntaa antava tieto siitä, että millainen potentiaali on muillakin kohteilla olemassa, jos pysäköintitalossa alettaisiin käyttämään vähähiilisiä vaihtoehtoja rakenteissa. Laskelma on toistettavissa ja tuottaisi samanlaisen tuloksen tämän hetkisillä päästöarvoilla, mutta mikäli jonkin tuotteen CO2 e kg/tonni arvo muuttuu, niin tällöin laskelma tulisi tehdä uudelleen. Laskenta siis suoritettiin nykyisillä tiedoilla, mutta mikäli sama laskenta tehtäisiin parin vuoden kuluttua, niin tulos voisi olla hieman erilainen, sillä esimerkiksi EPD ympäristöselosteiden tiedot saattavat muuttua, kun niitä päivitetään viiden vuoden välein. Opinnäytetyössä tehty laskenta antaa kuitenkin nykytilanteesta hyvän informaation, sillä käytetyt ympäristöselosteet olivat voimassaolevia. Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä on pyritty kuvaamaan laskenta prosessi niin selkeästi, että on mahdollista toistaa kyseinen laskelma myöhemmin.

Tehtyyn laskelmaan liittyy joitakin epävarmuustekijöitä. Epävarmuutta voi aiheuttaa se, että mikäli vuosi jolta ympäristöselosteiden tietoja kerätään onkin ollut poikkeuksellinen eikä tavanomainen, niin se on vaikuttanut esimerkiksi ympäristöselosteen lähtötiedoissa energian kulutukseen ja sitä kautta päästökertoimeen ja tässä opinnäytetyössä tehtyihin laskelmiin. Laskennassa pyrittiin käyttämään pysäköintitalon tuotteille sellaisia lähteitä, jotka olivat melko tuoreita. Lisäksi pyrittiin etsimään tietoa, joka olisi Suomessa valmistetuista tuotteista, sillä pysäköintitalossa ei käytetä ulkomaalaisia tuotteita. Suurin osa käytetyistä tiedoista oli spesifisiä ja verifioituja, joten lähtötietoja voidaan pitää luotettavana.

Eräs epävarmuus tekijä on se, että tietoja ei ole lisätty riittävän tarkasti ja siten esimerkiksi pilkkuvirheitä on saattanut jäädä johonkin. Opinnäytetyötä tehdessä pyrittiin olemaan mahdollisimman tarkkana lähtötietojen lisäämisen kanssa, joten siten minimoitiin huolimattomuudesta johtuvat ongelmat. Saatuja kuorilaatan tuloksia myös verrattiin jo olemassa olevaan Betoniteollisuuden kuorilaatan EPD:n ja saatujen tulosten huomattiin

olevan linjassa kyseisen tiedoston kanssa, joten opinnäytetyön myötä luotujen ympäristöselosteiden tietoja voidaan pitää luotettavina. Opinnäytetyössä valmistuneet ympäristöselosteet ovat Parma Oy:lle hyvä etu, sillä niitä voidaan käyttää, kun lasketaan päästöjä rakennuslupaa varten tarvittavassa ilmastaselvityksessä. Mikäli selosteita ei löytyisi, tulisi tällöin käyttää päästötietokantaa ja sieltä löytyvään tietoon käyttää konservativuuserrointa, jolloin arvot ovat noin 20 prosenttia suuremmat kun verrataan tyypilliseen lukemaan. Siten EPD-ympäristöselosteet ovat selvä etu.

Tässä opinnäytetyössä löydettiin ratkaisuja sille, että millainen hiilijalanjälki Parman nykyisellä pysäköintitalolla on ja miten kyseisestä rakenteesta saisi vähähiilisen version. Pysäköintitalo on kuitenkin iso rakennus ja tässä keskityttiin betonisten osien sekä paikallavalun tietoihin. Siten aivan kaikkia pysäköintitalon osia ei huomioitu laskennassa, joten lopullinen tulos olisi paljon isompi, kun huomioitaisiin kaikki rakennuksen osat. Parman kannalta oli kuitenkin tärkeintä huomioida heidän tuotannossaan olevat betoniset elementit sekä lisäksi huomioitiin paikallavalubetoni. Kokonaisuutta tarkastellessa opinnäytetyö oli onnistunut projekti ja siinä onnistuttiin vastamaan tutkimuskysymyksiin. Työn tilaaja sai kaksi uutta EPD:tä sekä laskelmia yhden esimerkkinä olleen pysäköintitalon kautta siitä, miten kyseinen kohde voitaisiin toteuttaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti nykyisillä mahdollisuuksilla, eli olisi kyseessä Parma Green -pysäköintitalo.

Lähteet

Betonikeskus ry. (2007). *Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet*. Betonitieto Oy

Betoniteollisuus ry. (n.d.-a). *Betoni ja ympäristö*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-ymparisto/>

Betoniteollisuus ry. (n.d.-b). *Karbonatisoituminen*. <https://concretesolution.fi/karbonisoituminen/>

Betoniteollisuus ry. (n.d.-c). *Sementti ja sen valmistus*. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonirakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>

Betoniteollisuus ry. (2021a). *Verifioitu elinkaariarvio. Palkkielementti*.

Betoniteollisuus ry. (2021b). *Verifioitu elinkaariarvio. Pilarielementti*.

Betoniteollisuus ry. (2022). *Verifioitu elinkaariarvio. Kuorilaattaelementti valmistettu Suomessa*.

Betoniyhdistys ry. (n.d.). *Karbonatisoituminen*. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/karbonisoituminen.html>

Bionova Oy. (2017). *Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa*. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602

Consolis. (2023). *Green Spine Line*. <https://www.consolis.com/sustainability/green-spine-line/?playlist=b08e57c&video=939f790>

Eduskunta. (16.9.2022). *Hallituksen esitys HE 139/2022 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislainsäädännön muuttamisesta ja siihen liittyviksi laeiksi*.

https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_139+2022.aspx#sisaltoon

EPD Hub. (n.d.). *EPDs made easy*. <https://www.epdhub.com/>

Finnsementti Oy. (n.d.). *Sementin valmistus*. <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-sementista/valmistus/>

Finnsementti Oy. (2022). *Ympäristöraportti 2022*. <https://finnsementti.fi/wp-content/uploads/Ymparistoraportti-Finnsementti-2022-1.pdf>

Green Building Council Finland ry. (n.d.). *Ympäristöluokitukset*. <https://figbc.fi/ymparistoluokitukset/>

Green Building Council Finland ry. (2022). *Vähähiilisen rakentamisen säädöskehitys* [kuva]. Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarin kooste 2022. <https://figbc.fi/vahahiilisen-rakentamisen-vuosiseminaarin-2022-kooste/>

Green Building Council Finland ry. (2022). *Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarin kooste 2022*. <https://figbc.fi/vahahiilisen-rakentamisen-vuosiseminaarin-2022-kooste/>

Hiilineutraalisuomi. (2023). *Usein kysytyt kysymykset*. Haettu 9.10.2022 osoitteesta [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Rakentamisen_paastotietokanta/Usein_kysytyt_kysymykset\(59988\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Rakentamisen_paastotietokanta/Usein_kysytyt_kysymykset(59988))

Häkkinen, T., Kuittinen, M. & Suomela, M. (2020). *Kohti Vähähiilistä rakentamista: Opas arviointiin ja suunnitteluun*. Rakennustieto

Härkönen, T., (2022). *LOIKKA-hanke: Yritykset yhdistävät voimansa betonirakentamisen päästöjen puolittamiseksi*. *Betoni*, (3), 90-95.

Kekkonen, T., (2020). *CO2ncrete Solution- hankkeesta lisätietoa hiilidioksidin sitoutumisesta betoniin – Betoni on hiilinielu*. *Betoni*, (4), 98-101.

Lipiäinen, H., (2014). *Ripalaattajärjestelmän kehittäminen parkkitalo konseptissa – ekologinen viitekehys*. [opinnäytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72410/Lipiainen_Henna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mattila, J. (24.3.2019). *Tutkimushankkeen sisältö*. Betoniteollisuus ry.

<https://concretesolution.fi/co2ncete-solution-tutkimushanke/>

OneClickLCA. (n.d.). Consolis Parma Precast composite floor blank- EPD Generator for EPD Hub [kuva]. https://id.oneclicklcaapp.com/realms/oneclicklca/protocol/openid-connect/auth?response_type=code&client_id=oneclicklca_prod_gateway&scope=openid%20offline_access&state=IWgP4r3SSiIbegnLbnAR22i6_uIXTybQg-gelbT-cw4%3D&redirect_uri=https://oneclicklcaapp.com/login/oauth2/code/oneclicklca_gateway&nonce=pN4Wk8Gy_Rzpw15B9Oe9ed1L29A6k_C5004NkQU7Ggk

OneClickLCA. (2023). Laske elinkaarivaikutuksesi minuuteissa.

https://www.oneclicklca.com/fi/?utm_source=google&utm_medium=paidsearch&utm_campaign=SE&utm_content=brand&gclid=Ci0KCQjw2v-gBhC1ARIsAOQdKY1kUGZcf680ofM7krv2YBIVihmcMEY9ssflBzi6hGVLFg4FtdMv-bkaAIDSEALw_wcB

Parma Oy. (n.d.-a). *Consolis Parman ilmastotavoitteet. Vuosiraportti 2021*.

<https://parma.fi/userassets/uploads/2022/04/parma-ilmastotavoitteet-vuosiraportti-2021.pdf>

Parma Oy. (n.d.-b). *Parma Green*. <https://parma.fi/vastuullisuus/parma-green/>

Parma Oy. (n.d.-c). *Parman pysäköintitalot-esite*. Haettu 11.9.2022 osoitteesta <https://parma.fi/tuote/pysakointitalot/>

Parma Oy. (n.d.-d). *Pysäköintitalot*. <https://parma.fi/tuote/pysakointitalot/>

Parma Oy. (n.d.-e). *Päästöjen jakautuminen [kuva]. Ympäristövastuu*. <https://parma.fi/vastuullisuus/ymparistovastuu/>

Parma Oy. (n.d.-f). *Tietoa Parmasta*. Haettu 27.9.2022 osoitteesta <https://parma.fi/tietoa-parmasta/>

Parma Oy. (n.d.-g). *Ympäristövastuu*. <https://parma.fi/vastuullisuus/ymparistovastuu/>

Parma Oy. (2005). *Betonirakenteiden käyttöikäsuunnitteluohje*. https://parma.fi/userassets/uploads/2018/06/parma_betonirakenteiden_kayttoikasuunnitteluohje_2005.pdf

Parma Oy. (21.10.2019). *Consolis Parmalle betonituotteiden ensimmäiset EPD-ympäristöselosteet*. <https://parma.fi/consolis-parmalle-betonituotteiden-ensimmaiset-epd-ymparistoseosteet/>

Parma Oy. (2019a). *RTS EPD. TB-suorakaidepilari*. <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseoste/selaa-epd-ymparistoseosteita/>

Parma Oy. (2021a). *Environmental product declaration. Low carbon solid wall Consolis Parma*. <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseoste/selaa-epd-ymparistoseosteita/>

Parma Oy. (2021b). *Environmental product declaration. Solid wall Consolis Parma*. <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseoste/selaa-epd-ymparistoseosteita/>

Parma Oy. (2022a). *Environmental product declaration. Low carbon precast column Consolis Parma*. <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseoste/selaa-epd-ymparistoseosteita/>

Parma Oy. (2022b). *Environmental product declaration. Low carbon precast concrete beam pre-stressed Consolis Parma.* <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseloste/selaa-epd-ymparistoselosteita/>

Parma Oy. (2023a). *Environmental product declaration. Consolis Parma low carbon precast composite floor blank.*

Parma Oy (2023b). *Environmental product declaration. Consolis Parma low carbon solid slab.* Haettu 7.4.2023 osoitteesta <https://manage.epdhub.com/?sort=productNameDown>

Parma Oy. (2023c). *Environmental product declaration. Consolis Parma precast composite floor blank.*

Parma Oy (2023d). *Environmental product declaration. Consolis Parma solid slab.* <https://manage.epdhub.com/?sort=productNameDown>

Suomen ympäristökeskus. (2022a). *Rakentamisen päästötietokanta.* <https://co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022b). *Rakentamisen päästötietokanta. Precast concrete beam.* <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022c). *Rakentamisen päästötietokanta. Precast concrete, column.* <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022d). *Rakentamisen päästötietokanta. Precast concrete, partition wall element.* <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022e). *Rakentamisen päästötietokanta. Ready-mix concrete, C30/37 porous.* <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022f). *Rakentamisen päästötietokanta. Ready-mix concrete, C30/37 porous GWP70.* <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Suomen ympäristökeskus. (2022g). *Rakentamisen päästötietokanta. Steel rebar for concrete reinforcement*. <https://www.co2data.fi/rakentaminen/>

Valtioneuvosto. (2022). *Hallitus antoi eduskunnalle rakentamisen päästöjä vähentävät ja digitalisaatiota edistävät lakiesitykset*. Ympäristöministeriön tiedote. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/hallitus-antoi-eduskunnalle-rakentamisen-paastoja-vahentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lakiesitykset>

VTT. (2022). *Carbonaide tähtää hiilinegatiiviseen betoniteknologiaan*. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/carbonaide-tahtaa-hiilinegatiiviseen-betoniteknologiaan>

Vuori, M., Punkki, J., (2022). *BY-Vähähiilisyysluokitus*. *Betoni* (1), 90-95.

Vuori, M., Punkki, J. (2022). *BY-Vähähiilisyysluokituksen betonilaadut sekä vähähiilisyysluokkien raja-arvot* [kuva]. *BY-Vähähiilisyysluokitus. Betoni* (1), 90-95.

Ympäristöministeriö. (n.d.-a) *Euroopan Unionin ilmastopoliittika*. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopoliittika>

Ympäristöministeriö. (n.d.-b). *Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelma*. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakennettu-ymparisto>

Ympäristöministeriö. (n.d.-c). *Vähähiilisen rakentamisen tiekartta*. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Ympäristöministeriö. (2019). *Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä*.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. <https://ym.fi/-/rakennuksen-ilmastaselvityksen-ja-materiaaliselosteen-asetusluonnokset-lausuntokierrokselle>

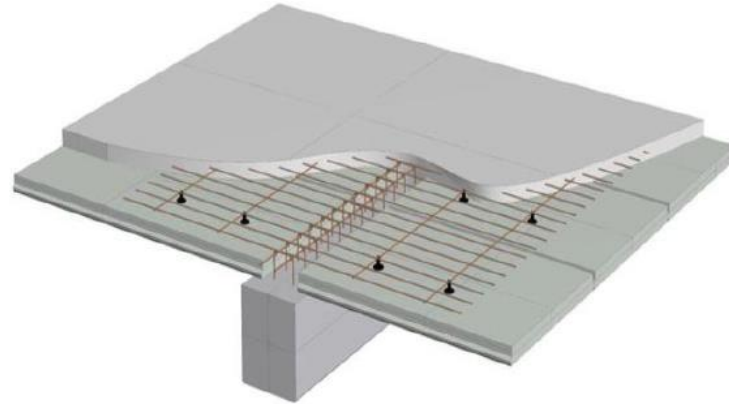
Ympäristöministeriö. (2022). *Rakennuksen ilmastaselvityksen ja materiaaliselosteen asetukset lausuntokierrokselle*. <https://ym.fi/-/rakennuksen-ilmastaselvityksen-ja-materiaaliselosteen-asetusluonnokset-lausuntokierrokselle>

Liite 1. Environmental product declaration Consolis Parma low carbon precast composite floor blank




ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
IN ACCORDANCE WITH EN 15804+A2 & ISO 14025 / ISO 21930

Consolis Parma low carbon precast composite floor blank
Parma Oy



EPD HUB, HUB-0476

Publishing date 26 May 2023, last updated on 26 May 2023, valid until 26 May 2028

One Click  Created with One Click LCA



GENERAL INFORMATION

MANUFACTURER

Manufacturer	Parma Oy
Address	Hiidenmäentie 20 03101 Nummela
Contact details	juha.ramo@consolis.com
Website	https://parma.fi/

EPD STANDARDS, SCOPE AND VERIFICATION

Program operator	EPD Hub, hub@epdhub.com
Reference standard	EN 15804+A2:2019 and ISO 14025
PCR	EPD Hub Core PCR version 1.0, 1 Feb 2022
Sector	Construction product
Category of EPD	Third party verified EPD
Scope of the EPD	Cradle to gate with options, A4, and modules C1-C4, D
EPD author	Heini Saloinen
EPD verification	Independent verification of this EPD and data, according to ISO 14025: <input type="checkbox"/> Internal certification <input checked="" type="checkbox"/> External verification
EPD verifier	S.V as an authorized verifier acting for EPD Hub Limited

The manufacturer has the sole ownership, liability, and responsibility for the EPD. EPDs within the same product category but from different programs may not be comparable. EPDs of construction products may not be comparable if they do not comply with EN 15804 and if they are not compared in a building context.

PRODUCT

Product name	Consolis Parma low carbon precast composite floor blank
Additional labels	SFS-EN 13747 + A2
Product reference	GKL
Place of production	Nurmijärvi, Finland
Period for data	2022
Averaging in EPD	No averaging
Variation in GWP-fossil for A1-A3	%

ENVIRONMENTAL DATA SUMMARY

Declared unit	1 tonne
Declared unit mass	1000 kg
GWP-fossil, A1-A3 (kgCO ₂ e)	1,11E2
GWP-total, A1-A3 (kgCO ₂ e)	1,12E2
Secondary material, inputs (%)	0.89
Secondary material, outputs (%)	99.0
Total energy use, A1-A3 (kWh)	307.0
Total water use, A1-A3 (m ³ e)	4,98E0



PRODUCT AND MANUFACTURER

ABOUT THE MANUFACTURER

Consolis Parma (Parma Oy) is Finland's largest precast concrete manufacturer. Parma Oy is a close partner of construction professionals and a reliable element supplier for small house builders. Parma focuses on providing solutions and products for construction projects where Parma is leading player in the industry. Parma Oy belongs to the international Consolis group and employs more than 650 people.

PRODUCT DESCRIPTION

Low carbon precast composite floor blank is pre-stressed thin solid slab element. Thickness is typically 70-250 mm.

Further information can be found at <https://parma.fi/>.

PRODUCT RAW MATERIAL MAIN COMPOSITION

Raw material category	Amount, mass- %	Material origin
Metals	2	Europe
Minerals	98	Finland
Fossil materials	-	-
Bio-based materials	-	-



BIOGENIC CARBON CONTENT

Product's biogenic carbon content at the factory gate

Biogenic carbon content in product, kg C 0

Biogenic carbon content in packaging, kg C 0

FUNCTIONAL UNIT AND SERVICE LIFE

Declared unit 1 tonne

Mass per declared unit 1000 kg

Functional unit -

Reference service life -

SUBSTANCES, REACH - VERY HIGH CONCERN

The product does not contain any REACH SVHC substances in amounts greater than 0,1 % (1000 ppm).



PRODUCT LIFE-CYCLE

SYSTEM BOUNDARY

This EPD covers the life-cycle modules listed in the following table.

Product stage			Assembly stage		Use stage							End of life stage				Beyond the system boundaries		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
x	x	x	x	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	x	x	x	x	x		
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Decommission/demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling

Modules not declared = MND. Modules not relevant = MNR.

MANUFACTURING (A1-A3)

The environmental impacts considered for the product stage cover the manufacturing of raw materials used in the production as well as packaging materials and other ancillary materials. Also, fuels used by machines, and handling of waste formed in the production processes at the manufacturing facilities are included in this stage. The study also considers the material losses occurring during the manufacturing processes as well as losses during electricity transmission.

The production of the low carbon precast composite floor blank starts by cleaning and oiling the mold. Reinforcement is prepared by stressing of strands and the form oil is applied. After casting element is covered and left to cure. As the concrete sets and each the right consistency, the surface treatment is applied. After sawing and finishing the element is finished and transported to the storage area.

TRANSPORT AND INSTALLATION (A4-A5)

Transportation impacts occurred from final products delivery to construction site (A4) cover fuel direct exhaust emissions, environmental impacts of fuel production, as well as related infrastructure emissions.

The product is loaded onto lorries for transport to the construction site. The transports are optimised for both efficient assembling at the construction site and reducing the number of required vehicles. Transportation does not cause losses as the product is attached to the lorry properly. The average distance of transportation from production plant to construction site is assumed as 56,8 km. The transportation method is assumed to be a lorry.

Optional A5 module is not declared.

PRODUCT USE AND MAINTENANCE (B1-B7)

This EPD does not cover the use phase. Air, soil, and water impacts during the use phase have not been studied.

PRODUCT END OF LIFE (C1-C4, D)

At the end-of-life, in the demolition phase 100 % of the waste is assumed to be collected as separate construction waste. The demolition process consumes energy in the form of diesel fuel used by building machines (C1). The dismantled slab is delivered to the nearest construction waste treatment plant (C2). At the waste treatment plant, waste that can be reused, recycled or recovered for energy is separated and diverted for further use (C3). It is assumed that 99 % of concrete and 99 % of steel is recycled. The recycled content is based on collected information (Federation of the European Precast Concrete Industry BIBM, The Little Green Book of Concrete, 2021). It is assumed that 1 % of concrete and 1

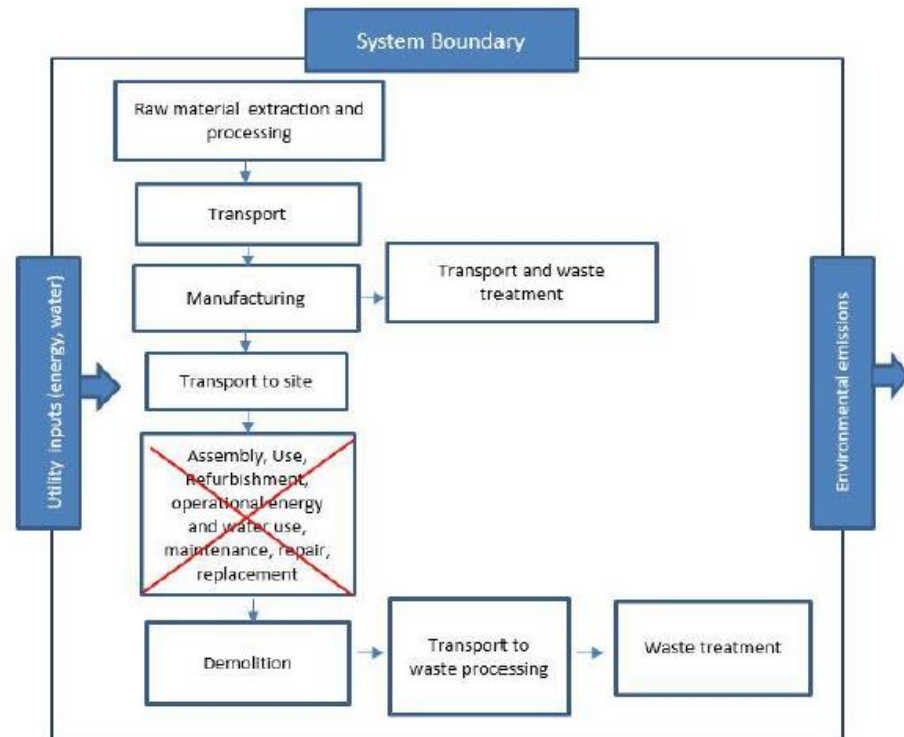
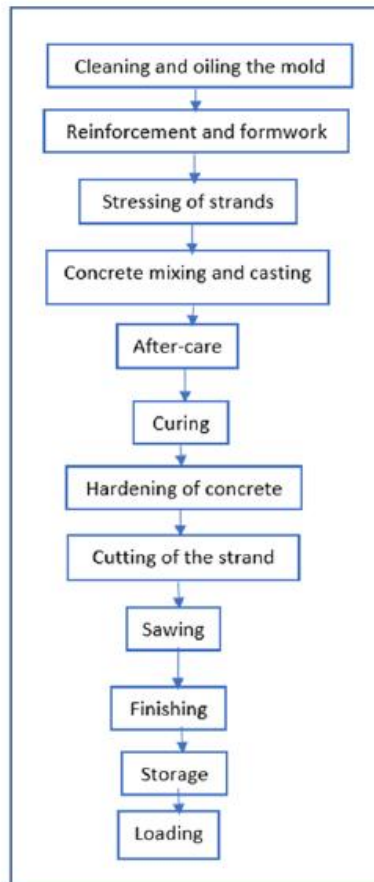


% of steel is disposed in a landfill (C4). Due to the recycling potential of reinforcement steel and concrete, they can be used as secondary raw materials. This avoids the use of virgin raw materials (D).





MANUFACTURING PROCESS





LIFE-CYCLE ASSESSMENT

CUT-OFF CRITERIA

The study does not exclude any modules or processes which are stated mandatory in the reference standard and the applied PCR. The study does not exclude any hazardous materials or substances. The study includes all major raw material and energy consumption. All inputs and outputs of the unit processes, for which data is available for, are included in the calculation. There is no neglected unit process more than 1% of total mass or energy flows. The module specific total neglected input and output flows also do not exceed 5% of energy usage or mass.

ALLOCATION, ESTIMATES AND ASSUMPTIONS

Allocation is required if some material, energy, and waste data cannot be measured separately for the product under investigation. All allocations are done as per the reference standards and the applied PCR. In this study, allocation has been done in the following ways:

Data type	Allocation
Raw materials	No allocation
Packaging materials	Not applicable
Ancillary materials	Allocated by mass or volume
Manufacturing energy and waste	Allocated by mass or volume

AVERAGES AND VARIABILITY

Type of average	No averaging
Averaging method	Averaged by shares of total mass
Variation in GWP-fossil for A1-A3	%

This EPD is product and factory specific and does not contain average calculations.

LCA SOFTWARE AND BIBLIOGRAPHY

This EPD has been created using One Click LCA EPD Generator. The LCA and EPD have been prepared according to the reference standards and ISO 14040/14044. Ecoinvent and One Click LCA databases were used as sources of environmental data.



ENVIRONMENTAL IMPACT DATA

CORE ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS – EN 15804+A2, PEF

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP – total ¹⁾	kg CO ₂ e	9,82E1	1,03E1	3,97E0	1,12E2	7,36E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,3E0	2,62E0	4,34E0	5,28E-2	-2,57E1
GWP – fossil	kg CO ₂ e	9,72E1	1,03E1	3,86E0	1,11E2	7,43E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,3E0	2,62E0	4,36E0	5,27E-2	-2,57E1
GWP – biogenic	kg CO ₂ e	9,6E-1	7,41E-3	7,22E-2	1,04E0	4,55E-3	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	5,91E-2
GWP – LULUC	kg CO ₂ e	2,99E-2	3,1E-3	3,92E-2	7,22E-2	2,77E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,79E-4	9,77E-4	8,74E-4	1,56E-5	-8,14E-3
Ozone depletion pot.	kg CFC ₁₁ e	4,81E-6	2,41E-6	6,28E-7	7,85E-6	1,73E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	7,12E-7	6,09E-7	9,08E-7	2,17E-8	-1,11E-6
Acidification potential	mol H ⁺ e	3,3E-1	4,42E-2	2,73E-2	4,02E-1	2,24E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,45E-2	7,89E-3	4,64E-2	5E-4	-1,17E-1
EP-freshwater ²⁾	kg Pe	2,53E-3	8,34E-5	3,29E-4	2,94E-3	6,69E-5	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,33E-5	2,36E-5	4,89E-5	6,36E-7	-1,19E-3
EP-marine	kg Ne	7,79E-2	1,32E-2	7,05E-3	9,82E-2	4,59E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,52E-2	1,62E-3	1,92E-2	1,72E-4	-2,37E-2
EP-terrestrial	mol Ne	8,97E-1	1,46E-1	9,61E-2	1,14E0	5,12E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,67E-1	1,8E-2	2,12E-1	1,9E-3	-2,75E-1
POCP (“smog”) ³⁾	kg NMVOCe	3,07E-1	4,68E-2	2,16E-2	3,76E-1	1,98E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,59E-2	6,98E-3	5,82E-2	5,51E-4	-1,31E-1
ADP-minerals & metals ⁴⁾	kg Sbe	9,08E-4	1,75E-4	1,51E-5	1,1E-3	2,01E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,03E-6	7,08E-5	3,26E-5	4,81E-7	-7,56E-4
ADP-fossil resources	MJ	6,99E2	1,6E2	1,08E2	9,67E2	1,15E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,54E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,36E2
Water use ⁵⁾	m ³ e depr.	2,74E1	5,93E-1	8,84E-1	2,88E1	4,13E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	8,46E-2	1,46E-1	1,94E-1	6,81E-2	-1,46E1

1) GWP = Global Warming Potential; 2) EP = Eutrophication potential. Required characterisation method and data are in kg P-eq. Multiply by 3,07 to get PO₄e; 3) POCP = Photochemical ozone formation; 4) ADP = Abiotic depletion potential; 5) EN 15804+A2 disclaimer for Abiotic depletion and Water use and optional indicators except Particulate depletion and Ionizing radiation, human health. The results of these environmental impact indicators shall be used with care as the uncertainties on these results are high or as there is limited experience with the indicator.

ADDITIONAL (OPTIONAL) ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS – EN 15804+A2, PEF

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Particulate matter	Incidence	4,24E-6	9,26E-7	2,01E-7	5,37E-6	5,24E-7	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,14E-7	1,85E-7	5E-6	9,72E-9	-1,86E-6
Ionizing radiation ⁶⁾	kBq U235e	2,48E0	6,97E-1	2,47E0	5,65E0	5,04E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,94E-1	1,77E-1	2,62E-1	6,04E-3	-3,93E-1
Ecotoxicity (freshwater)	CTUe	1,32E3	1,22E2	1,52E2	1,6E3	9,08E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,66E1	3,2E1	5,97E1	9,29E-1	-7,4E2
Human toxicity, cancer	CTUh	2,15E-7	3,13E-9	2,17E-9	2,2E-7	2,58E-9	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,53E-10	9,1E-10	1,82E-9	2,2E-11	-1,01E-8
Human tox. non-cancer	CTUh	3,49E-6	1,44E-7	7,49E-8	3,71E-6	9,99E-8	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,35E-8	3,52E-8	6,09E-8	6,79E-10	3,09E-6
SQP ⁷⁾	-	1,65E3	2,4E2	5,02E0	1,9E3	1,24E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,16E0	4,37E1	3,03E0	2,5E0	-1E2



6) EN 15804+A2 disclaimer for ionizing radiation, human health. This impact category deals mainly with the eventual impact of low dose ionizing radiation on human health of the nuclear fuel cycle. It does not consider effects due to possible nuclear accidents, occupational exposure nor due to radioactive waste disposal in underground facilities. Potential ionizing radiation from the soil, from radon and from some construction materials is also not measured by this indicator; 7) SQP = Land use related impacts/soil quality.

USE OF NATURAL RESOURCES

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Renew. PER as energy ⁸⁾	MJ	4,11E1	2,01E0	1,08E2	1,51E2	1,69E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,45E-1	5,95E-1	1,34E0	1,19E-2	-6,3E0
Renew. PER as material	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of renew. PER	MJ	4,11E1	2,01E0	1,08E2	1,51E2	1,69E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,45E-1	5,95E-1	1,34E0	1,19E-2	-6,3E0
Non-re. PER as energy	MJ	6,87E2	1,6E2	1,08E2	9,54E2	1,15E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,54E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,36E2
Non-re. PER as material	MJ	1,27E1	0E0	0E0	1,27E1	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of non-re. PER	MJ	6,99E2	1,6E2	1,08E2	9,67E2	1,15E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,54E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,36E2
Secondary materials	kg	8,9E0	0E0	3,71E-4	8,9E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	8,91E0
Renew. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Non-ren. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Use of net fresh water	m ³	4,92E0	3,32E-2	2,92E-2	4,98E0	2,18E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,01E-3	7,67E-3	7,44E-3	1,61E-3	-1,08E0

8) PER = Primary energy resources.

END OF LIFE – WASTE

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Hazardous waste	kg	7,17E0	1,55E-1	2,35E-1	7,56E0	1,23E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,88E-2	4,32E-2	0E0	1,37E-3	-2,79E0
Non-hazardous waste	kg	1,05E2	1,71E1	5,96E0	1,28E2	9,78E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,22E-1	3,44E0	0E0	1E1	-4,62E1
Radioactive waste	kg	2,53E-3	1,1E-3	1,1E-3	4,73E-3	7,87E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,18E-4	2,77E-4	0E0	9,74E-6	-3,38E-4

END OF LIFE – OUTPUT FLOWS

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Components for re-use	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Materials for recycling	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	9,9E2	0E0	0E0
Materials for energy rec	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Exported energy	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0



ENVIRONMENTAL IMPACTS – EN 15804+A1, CML / ISO 21930

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Pot.	kg CO ₂ e	9,54E1	1,02E1	3,81E0	1,09E2	7,36E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,27E0	2,59E0	4,33E0	5,17E-2	-2,47E1
Ozone depletion Pot.	kg CFC ₁₁ e	4,31E-6	1,92E-6	7,59E-7	6,99E-6	1,38E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,63E-7	4,84E-7	7,22E-7	1,72E-8	-1E-6
Acidification	kg SO ₂ e	2,36E-1	2,18E-2	1,99E-2	2,77E-1	1,55E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,87E-3	5,46E-3	9,36E-3	2,08E-4	-8,46E-2
Eutrophication	kg PO ₄ ³ e	1,03E-1	4,31E-3	7,23E-3	1,15E-1	3,26E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	8,57E-4	1,15E-3	2,49E-3	4,03E-5	-4,64E-2
POCP ("smog")	kg C ₂ H ₄ e	2,5E-2	1,34E-3	7,67E-4	2,71E-2	9,13E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,01E-4	3,21E-4	7,6E-4	1,53E-5	-1,71E-2
ADP-elements	kg Sbe	9,08E-4	1,75E-4	1,51E-5	1,1E-3	2,01E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,03E-6	7,08E-5	3,26E-5	4,81E-7	-7,56E-4
ADP-fossil	MJ	6,99E2	1,6E2	1,08E2	9,67E2	1,15E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,54E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,36E2

ENVIRONMENTAL IMPACTS – TRACI 2.1. / ISO 21930

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Pot.	kg CO ₂ e	9,47E1	1,02E1	3,82E0	1,09E2	7,36E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,26E0	2,59E0	4,31E0	5,14E-2	-2,41E1
Ozone Depletion	kg CFC ₁₁ e	5,58E-6	2,55E-6	9,33E-7	9,07E-6	1,83E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	7,51E-7	6,45E-7	9,62E-7	2,29E-8	-1,38E-6
Acidification	kg SO ₂ e	2,8E-1	3,85E-2	2,28E-2	3,41E-1	1,88E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,16E-2	6,62E-3	4,22E-2	4,43E-4	-9,83E-2
Eutrophication	kg Ne	3,41E-2	5,31E-3	2,53E-3	4,19E-2	3,3E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,79E-3	1,16E-3	3,76E-3	5,31E-5	-1,41E-2
POCP ("smog")	kg O ₃ e	4,82E0	8,4E-1	4,35E-1	6,1E0	2,89E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,69E-1	1,02E-1	1,22E0	1,09E-2	-1,4E0
ADP-fossil	MJ	5,03E1	2,29E1	3,98E0	7,71E1	1,64E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,71E0	5,78E0	8,59E0	2,13E-1	-9,48E0



VERIFICATION STATEMENT

VERIFICATION PROCESS FOR THIS EPD

This EPD has been verified in accordance with ISO 14025 by an independent, third-party verifier by reviewing results, documents and compliancy with reference standard, ISO 14025 and ISO 14040/14044, following the process and checklists of the program operator for:

- This Environmental Product Declaration
- The Life-Cycle Assessment used in this EPD
- The digital background data for this EPD

Why does verification transparency matter? Read more online
This EPD has been generated by One Click LCA EPD generator, which has been verified and approved by the EPD Hub.

THIRD-PARTY VERIFICATION STATEMENT

I hereby confirm that, following detailed examination, I have not established any relevant deviations by the studied Environmental Product Declaration (EPD), its LCA and project report, in terms of the data collected and used in the LCA calculations, the way the LCA-based calculations have been carried out, the presentation of environmental data in the EPD, and other additional environmental information, as present with respect to the procedural and methodological requirements in ISO 14025:2010 and reference standard.

I confirm that the company-specific data has been examined as regards plausibility and consistency; the declaration owner is responsible for its factual integrity and legal compliance.

I confirm that I have sufficient knowledge and experience of construction products, this specific product category, the construction industry, relevant standards, and the geographical area of the EPD to carry out this verification.

I confirm my independence in my role as verifier; I have not been involved in the execution of the LCA or in the development of the declaration and have no conflicts of interest regarding this verification.

Silvia Vilčeková, as an authorized verifier acting for EPD Hub Limited
26.05.2023

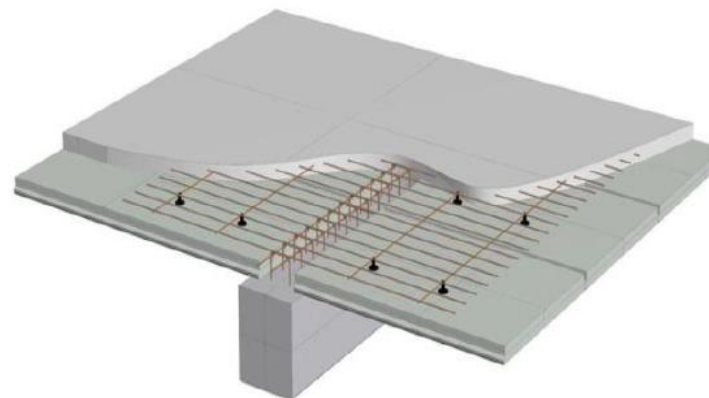


Liite 2. Environmental product declaration Consolis Parma precast composite floor blank



ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION IN ACCORDANCE WITH EN 15804+A2 & ISO 14025 / ISO 21930

Consolis Parma, precast composite floor blank
Parma Oy



EPD HUB, HUB-0477

Publishing date 26 May 2023, last updated on 26 May 2023, valid until 26 May 2028

One Click LCA Created with One Click LCA



GENERAL INFORMATION

MANUFACTURER

Manufacturer	Parma Oy
Address	Hiidenmäentie 20, 03101 Nummela, Finland
Contact details	juha.ramo@consolis.com
Website	https://parma.fi/

EPD STANDARDS, SCOPE AND VERIFICATION

Program operator	EPD Hub, hub@epdhub.com
Reference standard	EN 15804+A2:2019 and ISO 14025
PCR	EPD Hub Core PCR version 1.0, 1 Feb 2022
Sector	Construction product
Category of EPD	Third party verified EPD
Scope of the EPD	Cradle to gate with options, A4, and modules C1-C4, D
EPD author	Heini Saloinen
EPD verification	Independent verification of this EPD and data, according to ISO 14025: <input type="checkbox"/> Internal certification <input checked="" type="checkbox"/> External verification
EPD verifier	S.V as an authorized verifier acting for EPD Hub Limited

The manufacturer has the sole ownership, liability, and responsibility for the EPD. EPDs within the same product category but from different programs may not be comparable. EPDs of construction products may not be comparable if they do not comply with EN 15804 and if they are not compared in a building context.

PRODUCT

Product name	Consolis Parma, precast composite floor blank
Additional labels	SFS-EN 13747 + A2
Product reference	KL
Place of production	Forssa, Finland
Period for data	2021
Averaging in EPD	No averaging
Variation in GWP-fossil for A1-A3	%

ENVIRONMENTAL DATA SUMMARY

Declared unit	1 tonne
Declared unit mass	1000 kg
GWP-fossil, A1-A3 (kgCO ₂ e)	1,7E2
GWP-total, A1-A3 (kgCO ₂ e)	1,72E2
Secondary material, inputs (%)	0.913
Secondary material, outputs (%)	99.0
Total energy use, A1-A3 (kWh)	360.0
Total water use, A1-A3 (m ³ e)	5,57E0



PRODUCT AND MANUFACTURER

ABOUT THE MANUFACTURER

Consolis Parma (Parma Oy) is Finland's largest precast concrete manufacturer. Parma Oy is a close partner of construction professionals and a reliable element supplier for small house builders. Parma focuses on providing solutions and products for construction projects where Parma is leading player in the industry. Parma Oy belongs to the international Consolis group and employs more than 650 people.

PRODUCT DESCRIPTION

Precast composite floor blank is pre-stressed thin solid slab element. Thickness is typically 70-250 mm.

Further information can be found at <https://parma.fi/>.

PRODUCT RAW MATERIAL MAIN COMPOSITION

Raw material category	Amount, mass- %	Material origin
Metals	2	Europe
Minerals	98	Finland
Fossil materials	-	-
Bio-based materials	-	-



BIOGENIC CARBON CONTENT

Product's biogenic carbon content at the factory gate

Biogenic carbon content in product, kg C 0

Biogenic carbon content in packaging, kg C 0

FUNCTIONAL UNIT AND SERVICE LIFE

Declared unit 1 tonne

Mass per declared unit 1000 kg

Functional unit -

Reference service life -

SUBSTANCES, REACH - VERY HIGH CONCERN

The product does not contain any REACH SVHC substances in amounts greater than 0,1 % (1000 ppm).



PRODUCT LIFE-CYCLE

SYSTEM BOUNDARY

This EPD covers the life-cycle modules listed in the following table.

Product stage			Assembly stage		Use stage								End of life stage				Beyond the system boundaries	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
x	x	x	x	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	x	x	x	x	x		
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction /demol.	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling

Modules not declared = MND. Modules not relevant = MNR.

MANUFACTURING (A1-A3)

The environmental impacts considered for the product stage cover the manufacturing of raw materials used in the production as well as packaging materials and other ancillary materials. Also, fuels used by machines, and handling of waste formed in the production processes at the manufacturing facilities are included in this stage. The study also considers the material losses occurring during the manufacturing processes as well as losses during electricity transmission.

The production of the precast composite floor blank starts by cleaning and oiling the mold. Reinforcement is prepared by stressing of strands and the form oil is applied. After casting element is covered and left to cure. As the concrete sets and each the right consistency, the surface treatment is applied. After sawing and finishing the element is finished and transported to the storage area.

TRANSPORT AND INSTALLATION (A4-A5)

Transportation impacts occurred from final products delivery to construction site (A4) cover fuel direct exhaust emissions, environmental impacts of fuel production, as well as related infrastructure emissions.

The product is loaded onto lorries for transport to the construction site. The transports are optimised for both efficient assembling at the construction site and reducing the number of required vehicles. Transportation does not cause losses as the product is attached to the lorry properly. The average distance of transportation from production plant to construction site is assumed as 108,9 km. The transportation method is assumed to be a lorry.

Optional A5 module is not declared.

PRODUCT USE AND MAINTENANCE (B1-B7)

This EPD does not cover the use phase. Air, soil, and water impacts during the use phase have not been studied.

PRODUCT END OF LIFE (C1-C4, D)

At the end-of-life, in the demolition phase 100 % of the waste is assumed to be collected as separate construction waste. The demolition process consumes energy in the form of diesel fuel used by building machines (C1). The dismantled slab is delivered to the nearest construction waste treatment plant (C2). At the waste treatment plant, waste that can be reused, recycled or recovered for energy is separated and diverted for further use (C3). It is assumed that 99 % of concrete and 99 % of steel is recycled. The recycled content is based on collected information (Federation of the European Precast Concrete Industry BIBM, The Little Green Book of Concrete, 2021). It is assumed that 1 % of concrete and 1 % of steel is disposed in a landfill (C4). Due to the recycling potential of

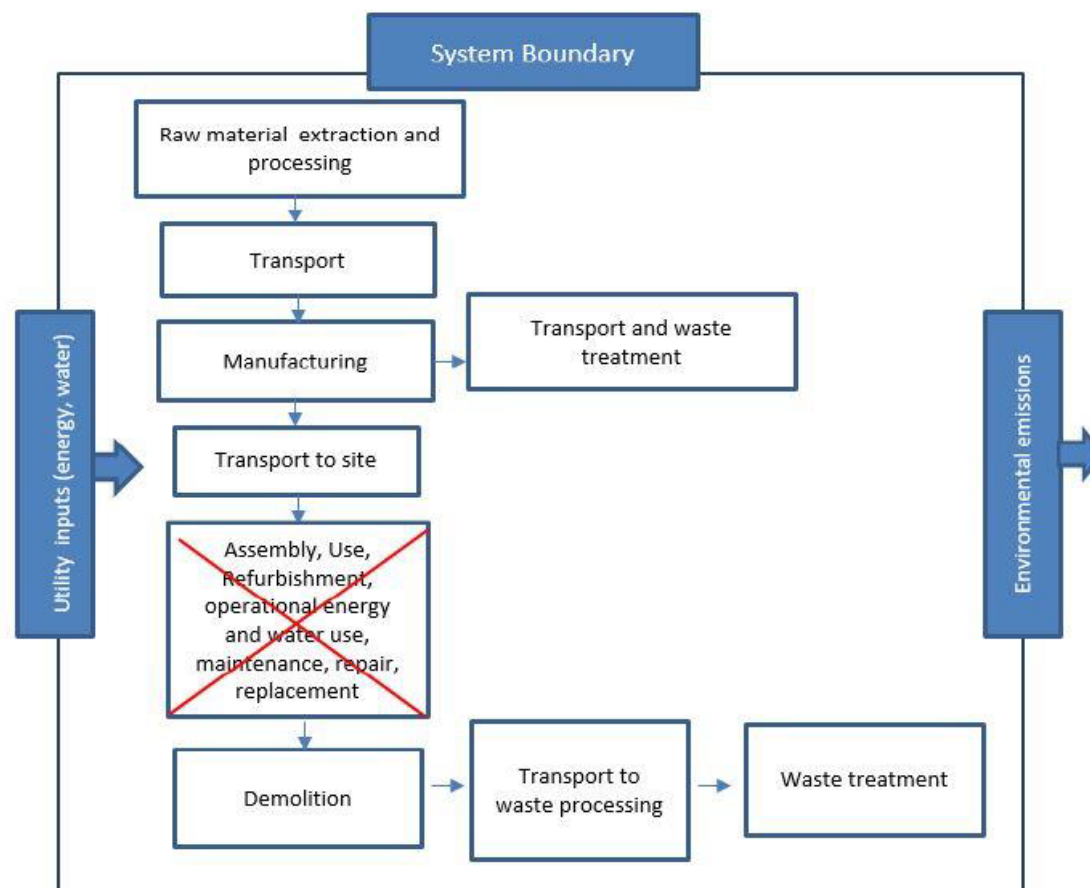
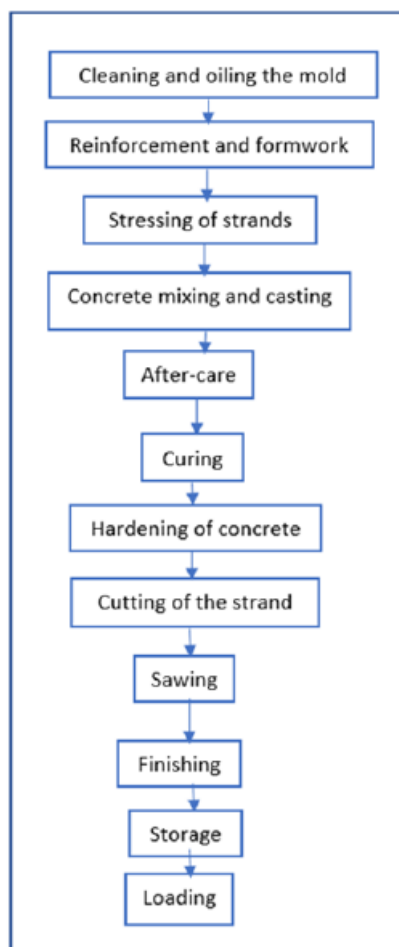


reinforcement steel and concrete, they can be used as secondary raw materials. This avoids the use of virgin raw materials (D).





MANUFACTURING PROCESS





LIFE-CYCLE ASSESSMENT

CUT-OFF CRITERIA

The study does not exclude any modules or processes which are stated mandatory in the reference standard and the applied PCR. The study does not exclude any hazardous materials or substances. The study includes all major raw material and energy consumption. All inputs and outputs of the unit processes, for which data is available for, are included in the calculation. There is no neglected unit process more than 1% of total mass or energy flows. The module specific total neglected input and output flows also do not exceed 5% of energy usage or mass.

ALLOCATION, ESTIMATES AND ASSUMPTIONS

Allocation is required if some material, energy, and waste data cannot be measured separately for the product under investigation. All allocations are done as per the reference standards and the applied PCR. In this study, allocation has been done in the following ways:

Data type	Allocation
Raw materials	No allocation
Packaging materials	Not applicable
Ancillary materials	Allocated by mass or volume
Manufacturing energy and waste	Allocated by mass or volume

AVERAGES AND VARIABILITY

Type of average	No averaging
Averaging method	Not applicable
Variation in GWP-fossil for A1-A3	%

This EPD is product and factory specific and does not contain average calculations.

LCA SOFTWARE AND BIBLIOGRAPHY

This EPD has been created using One Click LCA EPD Generator. The LCA and EPD have been prepared according to the reference standards and ISO 14040/14044. Ecoinvent 3.6 and One Click LCA databases were used as sources of environmental data.



ENVIRONMENTAL IMPACT DATA

CORE ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS – EN 15804+A2, PEF

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP – total ¹⁾	kg CO ₂ e	1,62E2	6,1E0	3,89E0	1,72E2	1,41E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,16E-1	2,62E0	4,34E0	5,28E-2	-2,57E1
GWP – fossil	kg CO ₂ e	1,6E2	6,09E0	3,78E0	1,7E2	1,42E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,16E-1	2,62E0	4,37E0	5,27E-2	-2,57E1
GWP – biogenic	kg CO ₂ e	2,01E0	4,38E-3	7,37E-2	2,08E0	8,73E-3	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	5,78E-2
GWP – LULUC	kg CO ₂ e	3,95E-2	1,85E-3	3,72E-2	7,85E-2	5,32E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	7,74E-5	9,77E-4	8,77E-4	1,56E-5	-8,22E-3
Ozone depletion pot.	kg CFC ₁₁ e	6,81E-6	1,43E-6	6,31E-7	8,88E-6	3,31E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,98E-7	6,09E-7	9,08E-7	2,17E-8	-1,12E-6
Acidification potential	mol H ⁺ e	4,76E-1	2,69E-2	2,75E-2	5,31E-1	4,3E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,58E-3	7,89E-3	4,65E-2	5E-4	-1,17E-1
EP-freshwater ²⁾	kg Pe	3,25E-3	4,94E-5	3,39E-4	3,63E-3	1,28E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,7E-6	2,36E-5	4,91E-5	6,36E-7	-1,2E-3
EP-marine	kg Ne	1,16E-1	8,02E-3	7,17E-3	1,32E-1	8,8E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,23E-3	1,62E-3	1,92E-2	1,72E-4	-2,37E-2
EP-terrestrial	mol Ne	1,35E0	8,86E-2	9,91E-2	1,54E0	9,81E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,64E-2	1,8E-2	2,12E-1	1,9E-3	-2,75E-1
POCP (“smog”) ³⁾	kg NMVoce	4,21E-1	2,82E-2	2,21E-2	4,71E-1	3,8E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,28E-2	6,98E-3	5,82E-2	5,51E-4	-1,31E-1
ADP-minerals & metals ⁴⁾	kg Sbe	1,09E-3	1,04E-4	1,54E-5	1,21E-3	3,85E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,4E-6	7,08E-5	3,27E-5	4,81E-7	-7,63E-4
ADP-fossil resources	MJ	9,36E2	9,46E1	1,04E2	1,13E3	2,21E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,26E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,37E2
Water use ⁵⁾	m ³ e depr.	3,06E1	3,51E-1	8,39E-1	3,18E1	7,93E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,35E-2	1,46E-1	1,95E-1	6,81E-2	-1,47E1

1) GWP = Global Warming Potential; 2) EP = Eutrophication potential. Required characterisation method and data are in kg P-eq. Multiply by 3,07 to get PO4e; 3) POCP = Photochemical ozone formation; 4) ADP = Abiotic depletion potential; 5) EN 15804+A2 disclaimer for Abiotic depletion and Water use and optional indicators except Particulate matter and Ionizing radiation, human health. The results of these environmental impact indicators shall be used with care as the uncertainties on these results are high or as there is limited experience with the indicator.

ADDITIONAL (OPTIONAL) ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS – EN 15804+A2, PEF

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Particulate matter	Incidence	4,96E-6	5,48E-7	5,78E-7	6,09E-6	1,01E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,54E-7	1,85E-7	5E-6	9,72E-9	-1,86E-6
Ionizing radiation ⁶⁾	kBq U235e	3,57E0	4,14E-1	2,31E0	6,29E0	9,66E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,4E-2	1,77E-1	2,62E-1	6,04E-3	-3,99E-1
Ecotoxicity (freshwater)	CTUe	1,74E3	7,23E1	1,61E2	1,97E3	1,74E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	7,39E0	3,2E1	5,99E1	9,29E-1	-7,39E2
Human toxicity, cancer	CTUh	2,24E-7	1,86E-9	2,31E-9	2,28E-7	4,95E-9	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,65E-10	9,1E-10	1,83E-9	2,2E-11	-1,02E-8
Human tox. non-cancer	CTUh	3,94E-6	8,55E-8	7,77E-8	4,1E-6	1,91E-7	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,52E-9	3,52E-8	6,11E-8	6,79E-10	3,08E-6
SQP ⁷⁾	-	1,78E3	1,42E2	5,75E0	1,93E3	2,38E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,23E-1	4,37E1	3,04E0	2,5E0	-1,01E2

6) EN 15804+A2 disclaimer for Ionizing radiation, human health. This impact category deals mainly with the eventual impact of low dose ionizing radiation on human health of the nuclear fuel cycle. It does not consider effects due to possible nuclear accidents, occupational exposure nor due to radioactive waste disposal in underground facilities. Potential ionizing radiation from the soil, from radon and from some construction materials is also not measured by this indicator; 7) SQP = Land use related impacts/soil quality.



USE OF NATURAL RESOURCES

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Renew. PER as energy ⁸⁾	MJ	5,58E1	1,19E0	1,15E2	1,72E2	3,24E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,82E-2	5,95E-1	1,34E0	1,19E-2	-6,38E0
Renew. PER as material	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of renew. PER	MJ	5,58E1	1,19E0	1,15E2	1,72E2	3,24E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,82E-2	5,95E-1	1,34E0	1,19E-2	-6,38E0
Non-re. PER as energy	MJ	9,26E2	9,46E1	1,04E2	1,12E3	2,21E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,26E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,37E2
Non-re. PER as material	MJ	9,23E0	0E0	0E0	9,23E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of non-re. PER	MJ	9,36E2	9,46E1	1,04E2	1,13E3	2,21E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,26E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,37E2
Secondary materials	kg	9,13E0	0E0	3,71E-4	9,13E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	8,88E0
Renew. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Non-ren. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Use of net fresh water	m ³	5,52E0	1,96E-2	2,78E-2	5,57E0	4,18E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,11E-3	7,67E-3	7,46E-3	1,61E-3	-1,09E0

8) PER = Primary energy resources.

END OF LIFE – WASTE

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Hazardous waste	kg	8,13E0	9,21E-2	2,25E-1	8,45E0	2,35E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,36E-2	4,32E-2	0E0	1,37E-3	-2,78E0
Non-hazardous waste	kg	1,36E2	1,01E1	5,66E0	1,52E2	1,88E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,45E-1	3,44E0	0E0	1E1	-4,63E1
Radioactive waste	kg	3,77E-3	6,5E-4	1,04E-3	5,46E-3	1,51E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	8,82E-5	2,77E-4	0E0	9,74E-6	-3,42E-4

END OF LIFE – OUTPUT FLOWS

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Components for re-use	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Materials for recycling	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	9,9E2	0E0	0E0
Materials for energy rec	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Exported energy	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0



ENVIRONMENTAL IMPACTS – EN 15804+A1, CML / ISO 21930

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Pot.	kg CO ₂ e	1,58E2	6,04E0	3,74E0	1,68E2	1,41E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,09E-1	2,59E0	4,33E0	5,17E-2	-2,47E1
Ozone depletion Pot.	kg CFC ₁₁ e	5,98E-6	1,14E-6	7,46E-7	7,86E-6	2,64E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,57E-7	4,84E-7	7,23E-7	1,72E-8	-1E-6
Acidification	kg SO ₂ e	3,46E-1	1,35E-2	1,75E-2	3,77E-1	2,97E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,35E-3	5,46E-3	9,38E-3	2,08E-4	-8,46E-2
Eutrophication	kg PO ₄ ³ e	1,36E-1	2,62E-3	6,61E-3	1,45E-1	6,25E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,38E-4	1,15E-3	2,5E-3	4,03E-5	-4,64E-2
POCP ("smog")	kg C ₂ H ₄ e	2,89E-2	3,1E-4	7,35E-4	3,04E-2	1,75E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,39E-4	3,21E-4	7,61E-4	1,53E-5	-1,71E-2
ADP-elements	kg Sbe	1,09E-3	1,04E-4	1,54E-5	1,21E-3	3,85E-4	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,4E-6	7,08E-5	3,27E-5	4,81E-7	-7,63E-4
ADP-fossil	MJ	9,36E2	3,46E1	1,04E2	1,13E3	2,21E2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,26E1	4,06E1	6,01E1	1,47E0	-2,37E2

ENVIRONMENTAL IMPACTS – TRACI 2.1. / ISO 21930

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Pot.	kg CO ₂ e	1,57E2	6,03E0	3,74E0	1,67E2	1,41E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	9,05E-1	2,59E0	4,31E0	5,14E-2	-2,41E1
Ozone Depletion	kg CFC ₁₁ e	7,82E-6	1,52E-6	9,19E-7	1,03E-5	3,51E-6	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,09E-7	6,45E-7	9,62E-7	2,29E-8	-1,39E-6
Acidification	kg SO ₂ e	4,05E-1	2,34E-2	2,29E-2	4,52E-1	3,61E-2	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	8,78E-3	6,62E-3	4,22E-2	4,43E-4	-9,84E-2
Eutrophication	kg Ne	4,63E-2	3,17E-3	2,56E-3	5,2E-2	6,33E-3	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	7,74E-4	1,16E-3	3,77E-3	5,31E-5	-1,41E-2
POCP ("smog")	kg O ₃ e	7,25E0	5,08E-1	4,42E-1	8,2E0	5,54E-1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,69E-1	1,02E-1	1,22E0	1,09E-2	-1,4E0
ADP-fossil	MJ	6,96E1	1,36E1	4,09E0	8,72E1	3,15E1	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,86E0	5,78E0	8,6E0	2,13E-1	-9,53E0



VERIFICATION STATEMENT

VERIFICATION PROCESS FOR THIS EPD

This EPD has been verified in accordance with ISO 14025 by an independent, third-party verifier by reviewing results, documents and compliance with reference standard, ISO 14025 and ISO 14040/14044, following the process and checklists of the program operator for:

- This Environmental Product Declaration
- The Life-Cycle Assessment used in this EPD
- The digital background data for this EPD

Why does verification transparency matter? Read more online
This EPD has been generated by One Click LCA EPD generator, which has been verified and approved by the EPD Hub.

THIRD-PARTY VERIFICATION STATEMENT

I hereby confirm that, following detailed examination, I have not established any relevant deviations by the studied Environmental Product Declaration (EPD), its LCA and project report, in terms of the data collected and used in the LCA calculations, the way the LCA-based calculations have been carried out, the presentation of environmental data in the EPD, and other additional environmental information, as present with respect to the procedural and methodological requirements in ISO 14025:2010 and reference standard.

I confirm that the company-specific data has been examined as regards plausibility and consistency; the declaration owner is responsible for its factual integrity and legal compliance.

I confirm that I have sufficient knowledge and experience of construction products, this specific product category, the construction industry, relevant standards, and the geographical area of the EPD to carry out this verification.

I confirm my independence in my role as verifier; I have not been involved in the execution of the LCA or in the development of the declaration and have no conflicts of interest regarding this verification.

Silvia Vilčeková, as an authorized verifier acting for EPD Hub Limited
26.05.2023



