



Hiilidioksidipäästöjen laskenta- työkalu sähköurakointiin

Olli Karhumaa

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

KARHUMAA, OLLI
Hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalu sähköurakointiin

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2025

Rakennusala on merkittävä hiilidioksidipäästöjen lähde, ja vastuullisuusvaatimukset ovat kiristyneet erityisesti sähköurakointialalla. ESG-raportointivelvoitteiden lähestyessä myös pk-yrityksiltä odotetaan ympäristövaikutusten seurantaan. Ilectric Oy:ssä havaittiin tarve kehittää työkalu, joka mahdollistaisi sähköurakoiden hiilidioksidipäästöjen arvioinnin ja raportoinnin tarkasti ja helposti. Yrityksen toiminnan kehittäminen kestävämpään suuntaan, sekä asiakkaiden ympäristövelvoitteiden tukeminen, loivat motivaation tutkimustyön toteuttamiselle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalu Ilectric Oy:n sisäiseen käyttöön. Työkalun avulla pyrittiin mahdollistamaan sähköurakoiden päästöjen tarkempi arviointi ja raportointi, sekä tuottamaan asiakkaille lisäarvoa tarjoamalla tietoa rakennushankkeiden ympäristövaikutuksista. Lisäksi työkalu toimii pohjana mahdollisesti tulevaisuudessa pakolliseksi tulevalle ESG-raportoinnille.

Tutkimus toteutettiin kehittämisprojektina. Teoreettinen osa käsitteli sähköurakoinnin hiilidioksidipäästöjen lähteitä, päästölaskennan periaatteita sekä kansallista päästötietokantaa. Empiirisessä osassa suunniteltiin ja toteutettiin Excel-pohjainen laskentatyökalu, joka hyödyntää kansallisen päästötietokannan moduuleja (A1-A3, C3) sekä saatavilla olevia EPD-ympäristöselosteita. Työkalu testattiin toimitila- ja omakotitalokohteissa. Testausvaiheessa analysoitiin erityisesti sähkökeskusten, kaapeleiden ja valaisimien päästöjen osuutta.

Laskentatyökalu osoittautui toimivaksi ja luotettavaksi välineeksi sähköurakoiden päästöjen arvioinnissa. Testauksen perusteella suurimmat päästöt syntyvät sähkökeskuksista, valaisimista ja kaapeleista. Työkalu mahdollisti tarkat laskelmat erityisesti silloin, kun EPD-ympäristöselosteita oli saatavilla. Tulokset osoittivat, että valmistajien tarjoamien selosteiden määrä vaikuttaa ratkaisevasti laskennan tarkkuuteen. Työkalun avulla Ilectric Oy voi tuottaa asiakkailleen hiilidioksidipäästöraportteja, tukea vastuullisuustavoitteita ja reagoida alan muutuvaan lainsäädäntöön.

Asiasanat: sähköurakointi, hiilidioksidipäästöt, laskentatyökalu, vastuullisuus, EPD-ympäristöselosteet, kansallinen päästötietokanta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

KARHUMAA, OLLI:
Carbon Dioxide Emissions Calculation Tool for Electrical Contracting
Bachelor's thesis 31 pages, appendices 2 pages
May 2025

The construction industry is a significant source of carbon dioxide emissions, and sustainability requirements have become increasingly stringent, particularly in the field of electrical contracting. As ESG reporting obligations approach, small and medium-sized enterprises are also expected to monitor their environmental impact. At Ilectric Oy, a need was identified to develop a tool that would enable accurate and efficient calculation and reporting of carbon dioxide emissions from electrical installations. The motivation for this study stemmed from the company's ambition to operate more sustainably and to support its clients in meeting their environmental responsibilities.

The objective of this thesis was to develop a carbon dioxide emissions calculation tool for internal use at Ilectric Oy. The tool was designed to improve the accuracy of emissions assessments and reporting in electrical contracting projects and to provide added value to clients by offering insights into the environmental impact of their construction projects. Additionally, the tool serves as a foundation for future ESG reporting, which may become mandatory.

The study was conducted as a development project. The theoretical section examined the sources of carbon dioxide emissions in electrical contracting, the principles of emissions calculation, and the use of the national emissions database. In the empirical section, an Excel-based calculation tool was designed and implemented. The tool utilizes modules from the national emissions database (A1–A3, C3) and incorporates available EPD environmental declarations. It was tested in both commercial and residential projects, with a particular focus on analyzing emissions from distribution boards, cabling, and lighting fixtures.

The calculation tool proved to be a functional and reliable solution for assessing emissions in electrical contracting. Testing showed that the highest emissions typically result from distribution boards, luminaires, and cables. The tool allowed for accurate calculations, especially when EPD declarations were available. The results highlighted the significant influence that the availability of manufacturer-specific environmental data has on calculation accuracy. With the tool, Ilectric Oy can produce carbon emissions reports for its clients, support sustainability goals, and adapt to evolving industry regulations.

Key words: electrical contracting, carbon dioxide emissions, calculation tool, sustainability, EPD environmental declarations, national emissions database

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	RAKENTAMISEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT	7
	2.1 Alan säädöksiä ja ohjeistuksia	7
	2.2 Hiilidioksidipäästöjen lähteet rakennusalalla	8
	2.3 Sähköurakoinnin ympäristöpäästöt	9
3	LASKENTAMENETELMÄT JA TEORIAPOHJA	10
	3.1 Hiilijalanjälkilaskennan lähtötietoja	10
	3.2 Hiilijalanjälkilaskennassa hyödynnettävät tietolähteet	12
	3.3 Moduuli A1-A3.....	13
	3.4 Moduuli C3.....	13
4	LASKENTATYÖKALUN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	15
	4.1 Laskentatyökalun hyödyt ja tavoitteet	15
	4.2 Ohjelmiston valinta	15
	4.3 Laskentatyökalun toteutus	16
	4.4 Raportoinnin toteutus	17
5	LASKENTATYÖKALUN TESTAUS	18
	5.1 Laskennan lähtötiedot	18
	5.2 Testaus omakotitalokohteissa	19
	5.3 Testaus toimitilakohteissa	20
	5.4 Tulosten analysointi	21
	5.5 Testauksen yhteenveto	23
6	LASKENTATYÖKALUN YHTEENVETO.....	24
	6.1 Keskeiset havainnot.....	24
	6.2 Laskentatyökalun luotettavuus ja hyödyt.....	24
	6.3 Mahdolliset haasteet ja rajoitukset	25
7	POHDINTA JA JATKOKEHITYS	26
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	30
	Liite 1. Omakotitalon hiilijalanjälkilaskenta kokonaisuudessaan.	30
	Liite 2. Toimitilan hiilijalanjälkilaskenta kokonaisuudessaan.	31

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja ympäristövaikutusten vähentäminen ovat keskeisiä tavoitteita nykypäivän yritysmaailmassa. Rakennusala on merkittävä hiilidioksidipäästöjen lähde, ja alan toimijoilta odotetaan yhä enemmän vastuullisuutta sekä läpinäkyvyyttä ympäristövaikutustensa suhteen. Erityisesti päästö-laskenta ja raportointi ovat keskeisiä työkaluja yritysten kestävä kehityksen strategiassa. ESG-raportoinnista (Environmental, Social, Governance) tulee Euroopassa pakollista, mikä lisää tarvetta tarkalle ja luotettavalle hiilidioksidipäästöjen seurannalle.

Rakentamista ohjaava lainsäädäntö on uudistumassa merkittävästi, ja tavoitteena on ohjata alan kehitystä kohti ilmastoneutraaliutta ja parempaa energiatehokkuutta. Vuoden 2025 alussa voimaan tullut uusi rakentamislaki velvoittaa laatimaan ilmastaselvityksen, jonka tarkoituksena on arvioida rakennushankkeen hiilijalanjälkeä sekä muita ilmastovaikutuksia rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Varsinainen ilmastaselvitystä koskeva asetus astuu voimaan 1. tammi-kuuta 2026, ja se täydentää lakia tarjoamalla tarkempia ohjeita ja vaatimuksia ilmastaselvityksen sisällöstä ja toteuttamisesta.

Samaan aikaan Euroopan unionin uudistettu energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) edellyttää jäsenmailtaan toimia, joilla parannetaan rakennusten energiatehokkuutta ja edistetään päästöttömän rakennuskannan saavuttamista vuoteen 2050 mennessä. Näiden muutosten myötä rakentamisen toimintamalleihin kohdistuu uusia odotuksia, jotka vaativat alan toimijoilta sopeutumista ja aktiivista panostusta kestävyiden edistämiseksi.

Tämä opinnäytetyö keskittyy hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalun kehittämiseen Ilectric Oy:n sisäiseen käyttöön. Ilectric Oy on sähköurakointiin erikoistunut yritys. Laskentatyökalun avulla yritys pystyy arvioimaan ja raportoimaan sähköurakoidensa hiilidioksidipäästöjä entistä tarkemmin. Työkalu tuottaa tietoa rakennushankkeen valmistuttua, mikä tukee asiakkaiden vastuullisuusvaatimusten täyttämistä.

Laskentatyökalussa käytettävät päästötiedot perustuvat kansallisen päästötietokannan (CO2data) arvoihin. Päästötietokanta tukee Väyläviraston ja ympäristöministeriön mukaista päästölaskentaa ja antaa käyttäjilleen vertailukelpoista dataa ilmasto vaikutuksista (Suomen ympäristökeskus, n.d.).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kuvata laskentatyökalun kehitysprosessi sekä sen merkitys sähköurakoinnin päästöraportoinnissa. Työssä käsitellään pääasiassa sähköurakoinnin hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä ja sen laskemiseen tarvittavia lähtötietoja. Laskentatyökalun avulla Ilectric Oy pystyy tarjoamaan asiakkailleen arvokasta tietoa heidän rakennushankkeidensa ympäristövaikutuksista.

2 RAKENTAMISEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

2.1 Alan säädöksiä ja ohjeistuksia

Vuonna 2026 voimaan tuleva asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja materiaaliselosteesta määrittää, että uuden rakennuksen yhteydessä on laadittava ilmastaselvitys, jossa esitetään koko rakennushankkeen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Arvioinnissa tarkastellaan päästöjä, joita syntyy esimerkiksi materiaalien tuotannosta, rakennusvaiheesta, energian käytöstä sekä purku- ja jätehuoltotoimista. Laskenta perustuu joko kansalliseen päästötietokantaan tai muihin luotettaviin ympäristötietoihin, ja tulokset ilmoitetaan standardoidussa muodossa viranomaisia varten. Sähköurakoinnin näkökulmasta tämä tarkoittaa, että myös sähköteknisten tuotteiden ja järjestelmien aiheuttamat päästöt sisältyvät osaksi rakennuksen kokonaisarviointia. Erityisesti talotekniikkaan liittyvät materiaalmäärät voidaan arvioida joko oletusarvoilla tai tarkemmilla todellisilla määrätiedoilla, jos ne ovat käytettävissä. Selvityksen avulla pyritään parantamaan rakentamisen läpinäkyvyyttä ympäristövaikutusten osalta ja se toimii perustana mahdollisille päästöraja-arvoille tulevaisuudessa (Ympäristöministeriö, 2024).

Sähköurakointiin liittyvien ympäristövaikutusten hallintaa säätelevät useat eurooppalaiset ja kansalliset määräykset. EU:n Ecodesign-direktiivin 2009/125/EY tavoitteena on parantaa energiaan liittyvien tuotteiden, kuten sähköteknisten komponenttien, energiatehokkuutta ja vähentää niiden ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta. Direktiivi vaikuttaa esimerkiksi siihen, miten sähkömoottorit ja valaistusratkaisut suunnitellaan siten, että niiden energiankulutus ja päästöt pysyvät mahdollisimman alhaisina (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2009). Lisäksi energiatehokkuusdirektiivi 2023/1791/EU korostaa erityisesti rakennusten ja teollisuuden sähköjärjestelmien tehokasta suunnittelua. Tähän sisältyvät älyjärjestelmät ja automaatoratkaisut, joiden avulla voidaan tehostaa energian käyttöä. Julkisen sektorin kannalta rakennusautomaatio ja energianhallintajärjestelmät muodostavat keskeisen osan energiatehokkuuden kehittämistä ja ylläpitoa (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2023).

Rakennushankkeissa siirrytään kohti kokonaisvaltaisempaa lähestymistapaa, jossa arvioidaan rakenteiden ja järjestelmien ympäristövaikutuksia niiden koko elinkaaren ajalta. Direktiivin (EU) 2024/1275 mukaan uudisrakennuksille on jatkossa laskettava ilmastolämmitysvaikutuspotentiaali (GWP), joka yhdistää materiaalien valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt sekä rakennuksen käytön aikana syntyvät suorat ja epäsuorat päästöt. Tämä velvoite toimii pohjana elinkaariperusteiselle suunnittelulle ja korostaa myös sähköteknisten ratkaisujen merkitystä ilmastovaikutusten minimoinnissa. Sähköurakoinnin näkökulmasta tämä tarkoittaa entistä tarkempaa huomiointia laitevalinnoissa, järjestelmien energiatehokkuudessa sekä automaattoratkaisujen kyvyssä optimoida kulutusta rakennuksen koko käyttöiän ajan (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2024).

2.2 Hiilidioksidipäästöjen lähteet rakennusalalla

Rakennusten käytön aikainen energiankulutus muodostaa suurimman osan rakennetun ympäristön vuosittaisista ilmastopäästöistä, mutta rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat nekin merkittäviä. Käyttövaiheen ulkopuolelle jäävistä päästöistä noin puolet syntyy rakennusmateriaalien valmistuksesta ja toinen puoli rakentamisen aikaisista toiminnoista, kuten työmaan logistiikasta, koneiden käytöstä ja materiaalien kuljetuksesta. Nämä vaiheet aiheuttavat suoria päästöjä jo ennen kuin rakennus otetaan käyttöön. Viime vuosina käytön aikaisten päästöjen väheneminen energiatehokkuuden parantuessa ja uusiutuvan energian lisääntyessä on tuonut rakentamisvaiheen ilmastovaikutukset entistä selvemmin esiin. Rakennusalan ohjauksen kannalta tämä kehitys tukee elinkaari pohjaista ajattelua, jossa myös rakentamisen aikaiset päästöt tunnistetaan ja huomioidaan osana kokonaispäästöjen hallintaa (Rakennusteollisuus RT, 2020).

Rakennusmateriaalien valmistus, kuljetus ja työmaat muodostavat merkittävän osan alan päästöistä, ja niiden osuus rakennetun ympäristön kokonaispäästöistä on noin neljännes. Erityisesti teräksen ja sementin valmistus aiheuttaa suuria päästöjä, mutta uuden teknologian kehittyessä näiden materiaalien ilmastovaikutuksia voidaan merkittävästi vähentää. Esimerkiksi vähähiilinen betoni ja vetypelkistysmenetelmät tarjoavat keinoja päästöjen pienentämiseen. Rakennusalan il-

mastotoimien painopiste onkin laajentunut energiatehokkuudesta myös rakennusmateriaalien ja työmaatoimintojen päästöjen hallintaan, mikä on tärkeä askel kohti kestävämpää rakentamista (Rakennusteollisuus RT, 2024).

2.3 Sähköurakoinnin ympäristöpäästöt

Sähköurakoinnilla tarkoitetaan sähköteknisten järjestelmien suunnittelua, materiaalien hankintaa ja asennustyötä rakennuskohteessa. Tähän liittyvät ympäristövaikutukset muodostuvat työmaan aikaisista toiminnoista, kuten kaapeleiden, asennuskalusteiden ja keskusten kuljetuksesta sekä asentamiseen käytetyistä materiaaleista ja työkaluista. Merkittävä osa päästöistä syntyy kaapeleiden ja sähkökomponenttien valmistuksesta, etenkin metalleista kuten kuparista ja alumiinista, joiden tuotanto on energiantensiivistä.

Sähköurakoinnin ulkopuolella, järjestelmän koko elinkaaren aikana, syntyy lisäksi päästöjä käytön aikaisesta energiankulutuksesta, huolloista ja lopulta käytöstä poistamisesta. Näissä vaiheissa päästöjen suuruuteen vaikuttaa erityisesti käytettävän sähkön tuotantotapa. Fossiilinen sähkö aiheuttaa enemmän päästöjä kuin uusiutuvilla tuotettu energia. Myös sähkö- ja elektroniikkajätteen kierrätysaste vaikuttaa siihen, kuinka paljon lopullisia päästöjä syntyy.

Sähköurakoinnin päästöjä voidaan pienentää esimerkiksi valitsemalla vähäpäästöisiä, kierrätettäviä tuotteita, käyttämällä resurssitehokkaita työmenetelmiä sekä hyödyntämällä älykkäitä ohjausjärjestelmiä, jotka pienentävät koko järjestelmän energiankulutusta käytön aikana. Näin sähköurakointi voi osaltaan vaikuttaa koko rakennuksen elinkaaren ilmastovaikutusten pienentämiseen, vaikka se itsessään on vain yksi osa laajempaa kokonaisuutta.

3 LASKENTAMENETELMÄT JA TEORIAPOHJA

3.1 Hiilijalanjätkilaskennan lähtötietoja

Rakennusten ilmastovaikutusten arviointia varten on säädetty kansallinen päästötietokanta, jonka ylläpidosta vastaa Suomen ympäristökeskus. Tietokannan tarkoituksena on tarjota luotettava ja yhtenäinen lähtökohta hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen laskennalle silloin, kun tuotekohtaisia tietoja ei ole saatavilla. Rakennuksiin liittyen tietokanta kattaa esimerkiksi rakennusmateriaalien valmistuksen, kuljetuksen ja jätteenkäsittelyn aiheuttamat päästöt, samoin kuin rakentamisvaiheen koneiden ja polttoaineiden vaikutukset. Lisäksi mukana ovat tiedot rakennuksen käytönaikaisista energiankulutuksen päästöistä. Lainsäädännössä annetaan myös mahdollisuus tarkentaa tietokannan sisältöä ja sen päivityskäytäntöjä ympäristöministeriön asetuksilla. Tämä mahdollistaa sen, että hiilijalanjätkilaskenta voidaan toteuttaa yhdenmukaisesti koko rakennusalalla riippumatta siitä, onko kyseessä yksittäinen tuote tai laajempi rakennuskokonaisuus (Rakentamislaki 751/2023).

Hiilijalanjäljen laskentaan laadittu työkalu pohjautuu rakentamisen kansalliseen päästötietokantaan sekä mahdollisuuksien mukaan valmistajien toimittamiin ympäristöselosteisiin. Mikäli käytetyille sähkötarvikkeille on saatavilla valmistajan julkaisema ympäristöseloste eli EPD (Environmental Product Declaration), voidaan laskennassa hyödyntää sen tarjoamia tarkempia tuotekohtaisia päästöarvoja.

EPD on kansainvälisen standardin ISO 14025 mukainen kolmannen osapuolen varmentama dokumentti, joka sisältää tuotteen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset, kuten hiilijalanjäljen (GWP), energiankulutuksen ja mahdollisen kierrätyspotentiaalin. Sähkötarvikkeiden kohdalla EPD voi kattaa esimerkiksi kaapeleiden, kytkimien tai sähkökeskusten valmistuksen, käytön ja loppukäsittelyn päästötiedot. EPD-dokumenttien hyödyntäminen tuo laskentaan läpinäkyvyyttä ja vertailtavuutta, ja ne ovat keskeinen osa tuotteiden vastuullisuuden osoittamista rakennushankkeissa. Kuvasta (kuva 1) nähdään millainen esimerkiksi EPD dokumentti voi olla.

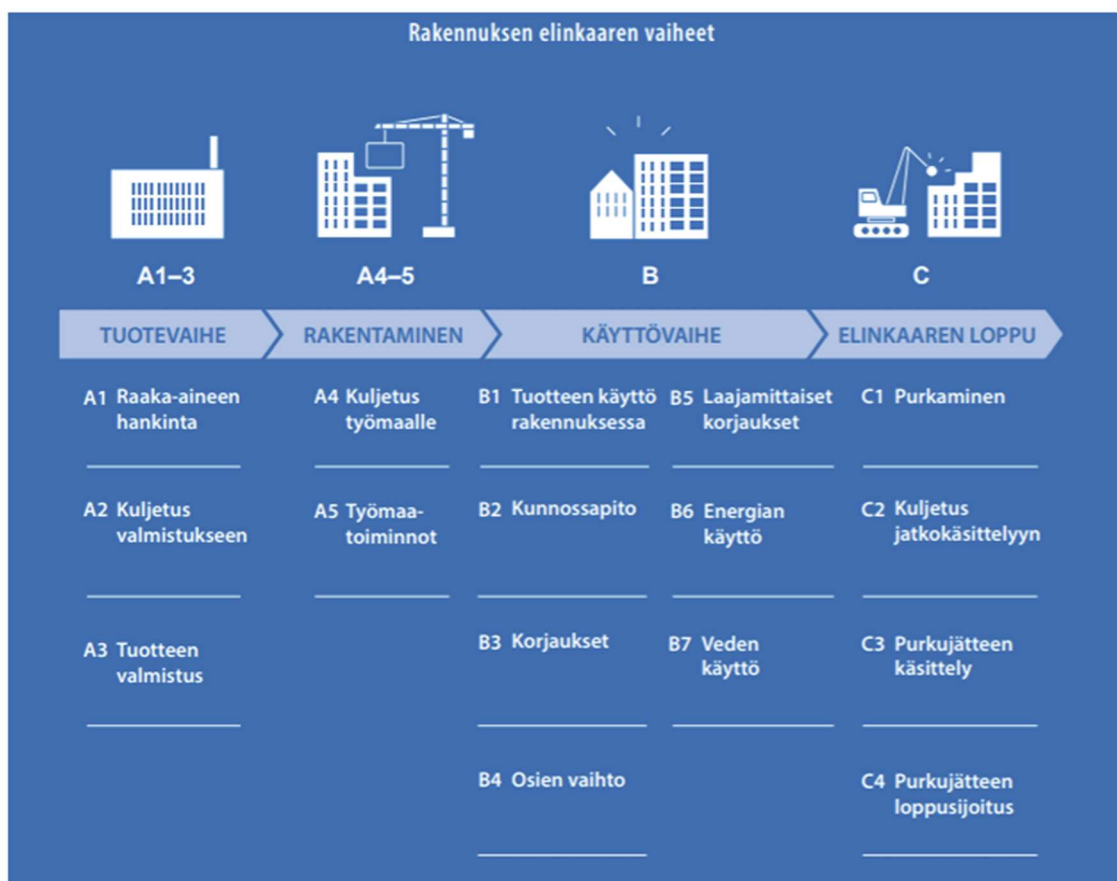
Environmental impact indicators

Indicator	Unit	Total	Manu- facturing	Distri- bution	Instal- lation	Use	End of life	Bene- fits
GWP-total	kg CO ₂ eq.	2,943E+00	5,150E-01	1,310E-03	4,338E-02	2,380E+00	3,000E-03	-2,813E-01
GWP-fossil	kg CO ₂ eq.	2,890E+00	5,450E-01	1,310E-03	1,123E-02	2,330E+00	2,781E-03	-2,805E-01
GWP-biogenic	kg CO ₂ eq.	3,037E-02	-3,109E-02	-1,780E-07	3,210E-02	2,915E-02	2,025E-04	-3,687E-04
GWP-luluc	kg CO ₂ eq.	2,221E-02	1,144E-03	0,000E+00	4,334E-05	2,101E-02	1,690E-05	-4,259E-04
GWP-fossil = Global Warming Potential fossil fuels GWP-biogenic = Global Warming Potential biogenic GWP-luluc = Global Warming Potential land use and land use change								
ODP	kg CFC-11 eq.	1,546E-07	2,217E-08	1,990E-12	7,736E-10	1,315E-07	1,288E-10	-1,175E-08
ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer								
AP	H+ eq.	2,029E-02	1,003E-02	1,030E-05	3,292E-05	1,020E-02	1,664E-05	-8,767E-03
AP = Acidification potential, Accumulated Exceedance								
EP-freshwater	kg P eq.	1,578E-03	7,545E-04	4,880E-10	3,138E-06	8,198E-04	9,416E-07	-6,856E-04
EP-marine	kg N eq.	2,717E-03	8,357E-04	4,260E-06	2,235E-05	1,850E-03	4,568E-06	-5,647E-04
EP-terrestrial	mol N eq.	2,901E-02	9,508E-03	4,670E-05	1,135E-04	1,930E-02	4,309E-05	-7,096E-03
EP-freshwater = Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching freshwater end compartment EP-marine = Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching marine end compartment EP-terrestrial = Eutrophication potential, Accumulated Exceedance								
POCP	kg NMVOC eq.	7,994E-03	2,787E-03	1,170E-05	2,422E-05	5,161E-03	1,055E-05	-2,061E-03
POCP = Formation potential of tropo-spheric ozone								
ADP-minerals & metals	kg Sb eq.	2,421E-04	2,127E-04	5,110E-11	4,375E-08	2,931E-05	9,581E-08	-2,042E-04
ADP-fossil	MJ	7,994E+01	9,429E+00	1,810E-02	1,000E-01	7,033E+01	6,622E-02	-4,514E+00
ADP-minerals & metals = Abiotic depletion potential for non-fossil resources ADP-fossil = Abiotic depletion for fossil resources potential								
WDP	m ³ e depr.	1,229E+00	4,142E-01	4,920E-06	2,405E-03	8,120E-01	7,483E-04	-2,344E-01
WDP = Water Deprivation potential								
STATUS	SECURITY LEVEL	REGISTRATION NUMBER	REV.	LANG.	PAGE			
Approved	Public	ABBG-00095-V01.01-EN	1	en	5/13			
© Copyright 2023 ABB. All rights reserved.								

KUVA 1. Esimerkki pistorasian ympäristöselosteesta (ABB, 2023).

Laskenta edellyttää useiden lähtötietojen yhdistämistä. Näihin kuuluvat muun muassa tiedot käytettyjen tuotteiden määrästä, tuotantovaiheen päästöistä (A1–A3), kuljetuksesta työmaalle (A4), asennuksen aiheuttamista päästöistä (A5), mahdollisista käytön aikaisista vaikutuksista (B-vaiheet) sekä elinkaaren lopun toiminnoista, kuten purkamisesta ja kierrätyksestä (C1–C4 ja D). Näitä elinkaari-vaiheita kutsutaan GWP-vaiheiksi (Global Warming Potential), ja niissä ilmoitetaan kunkin vaiheen kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂e). Yksikkö mahdollistaa eri tuotteiden ja vaiheiden vaikutusten vertailun toisiinsa.

Laskennan periaatteet ja vaihejaottelu noudattavat Rakennustiedon ja ympäristöministeriön linjauksia, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa hiilijalanjäljen arviointia rakentamisen eri osa-alueilla. Alla kuvassa (kuva 2) nähdään selkeästi rakennuksen elinkaaren vaiheiden määrittäykset.



KUVA 2. Rakennuksen elinkaaren vaiheet (Laine ym. 2024.)

3.2 Hiilijalanjälkilaskennassa hyödynnettävät tietolähteet

Rakennustuotteiden hiilijalanjäljen arviointi edellyttää luotettavia ja vertailukelpoisia lähtötietoja, joita määritetään joko tuotekohtaisten ympäristöselosteiden (EPD) tai kansallisen päästötietokannan perusteella. Koska ympäristöselosteita ei vielä ole saatavilla kaikille rakennustuotteille, on kansallinen tietokanta tärkeä väline kattavan ja yhdenmukaisen laskennan toteuttamisessa.

Ympäristöministeriön asetuksen mukaan rakennushankkeiden hiilijalanjälkilaskennassa otetaan tyypillisesti huomioon useita elinkaaren vaiheita. Näihin sisältyvät muun muassa tuotteen valmistus, kuljetus, asennus, käyttö ja purkuvaiheet (A1–A5, B4, B6, C1–C4). Näistä vaiheista voidaan tuottaa erityisen luotettavaa tietoa valmistuksen (A1–A3) ja käytöstä poiston (C3) osalta, koska ne perustuvat materiaaliikohtaisiin päästöarvioihin ja teknisiin tuotetietoihin (Ympäristöministeriö, 2024).

Laskentaan sovellettavien tietolähteiden valinta tulee tehdä määritellyn prioriteettijärjestyksen mukaisesti. Ensisijaisesti käytetään kolmannen osapuolen varmentamia EPD-selosteita, jotka tarjoavat tarkkaa ja tuotekohtaista tietoa esimerkiksi materiaalin valmistuksen päästöistä. Mikäli tällaisia ei ole saatavilla, voidaan käyttää kansallisen päästötietokannan taulukkoarvoja, jotka perustuvat yleisesti hyväksytyihin laskentamenetelmiin. Tämä menettely mahdollistaa sen, että laskentatulokset ovat vertailukelpoisia hankkeesta riippumatta ja noudattavat valtakunnallisesti sovittuja linjauksia (Rakennustieto, n.d.).

Erityisesti rakennustuotteiden valmistuksen osalta asetuksessa edellytetään, että kantavien ja täydentävien rakenteiden sekä talotekniikan olennaisten osien arviointi perustuu joko päästötietokantaan tai muulla tavoin luotettavasti tuotettuun dataan. Tavoitteena on turvata laskennan avoimuus ja tukea siirtymistä kohti ilmastovaikutuksiltaan läpinäkyvää rakentamista.

3.3 Moduuli A1-A3

Elinkaaren vaiheet A1–A3 kattavat tuotteen valmistuksen aikaiset vaiheet alkaen raaka-aineiden hankinnasta, niiden kuljetuksesta valmistuspaikalle sekä itse valmistusprosessista. Nämä vaiheet muodostavat usein merkittävän osan tuotteen kokonaispäästöistä, erityisesti silloin kun kyse on energiaintensiivisten materiaalien, kuten metallien tai muovien valmistuksesta.

Moduulien A1–A3 laskentaan käytetään ensisijaisesti tuotekohtaisia ympäristöselosteita (EPD), mikäli niitä on saatavilla. EPD-selosteet mahdollistavat tarkemman ja valmistajakohtaisen arvioinnin, ja niiden käyttö on ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaan suositeltavaa.

3.4 Moduuli C3

Moduuli C3 käsittelee rakennustuotteiden käytöstä poiston jälkeistä käsittelyä, eli niitä toimintoja, jotka liittyvät materiaalien lajitteluun, keräykseen, purkamiseen ja mahdolliseen kierrätykseen tai energiakäyttöön. Tämä vaihe ei kata logistiikkaa

tai loppusijoitusta, vaan keskittyy erityisesti siihen, miten poistettavat materiaalit erotellaan ja käsitellään uusien käyttötarkoitusten mukaisesti.

Tässä vaiheessa syntyvät päästöt riippuvat suuresti siitä, kuinka tehokkaasti materiaalit voidaan erotella ja ohjata uudelleenkäyttöön tai kierrätykseen. Esimerkiksi metallipohjaisilla tuotteilla, kuten kuparia tai alumiinia sisältävillä osilla, voi olla merkittävä kierrätyspotentiaali, joka vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta tulevaisuudessa. C3-moduulin avulla voidaan näin ollen tuoda esiin tuotteen elinkaaren lopun ympäristövaikutuksia ja tukea kiertotalouden tavoitteita.

4 LASKENTATYÖKALUN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

4.1 Laskentatyökalun hyödyt ja tavoitteet

Sähköurakointiin kehitetty hiilijalanjälkilaskuri toimii apuvälineenä rakennushankkeisiin asennettavien tuotteiden ja materiaalien ilmastovaikutusten arvioinnissa. Laskuri ei vaikuta suoraan laskennan suorittavan yrityksen omaan hiilijalanjälkeen, vaan sen tarkoitus on laskea urakan kohteeseen liittyvät päästöt, käytettyjen tuotteiden ja materiaalien osalta. Tämä tarjoaa tarkempaa tietoa urakoidun kokonaisuuden ympäristövaikutuksista.

Laskurin avulla voidaan tuottaa tilaajalle lisäarvoa tarjoamalla läpinäkyvää ja laskennallisesti perusteltua tietoa hankkeen sähköteknisten ratkaisujen päästöistä. Tällainen tieto voi tukea rakennushankkeiden ilmastaselvitysten laatimista ja auttaa tunnistamaan mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen tuotetasolla. Lisäksi laskentatulokset tukevat materiaalivalintojen arviointia ja voivat ohjata suunnittelemaan ympäristön kannalta kestävämpiin ratkaisuihin.

4.2 Ohjelmiston valinta

Laskentatyökalun pohjaksi valittiin Excel, koska se on helposti yhteensovitettavissa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän kanssa. Excel tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet laskennan toteuttamiseen, ja sen etuna on muun muassa se, että siihen voidaan helposti tuoda tuotelistauksia sekä toteuttaa tarvittavat laskukäytännöt.

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä hyödyntää jo valmiiksi Excel-pohjaista tuotelistausta, josta saadaan esimerkiksi tuotteiden hinnat ja muut tarvittavat tiedot. Laskentatyökalu rakennettiin tämän olemassa olevan listauksen pohjalle, mikä mahdollistaa sen hyödyntämisen suoraan osana toiminnanohjausjärjestelmää. Tuotelistaan voidaan lisätä uusia rivejä aina tarvittaessa, jos projektiin sisältyy tuotteita, joita ei ole aiemmin määritelty. Tämä rakenne tukee työkalun jatkuvaa kehittämistä ja laajennettavuutta tulevaisuudessa.

Tuotelistaus on tarkoitus siirtää suoraan toiminnanohjausjärjestelmään, kunhan laskentatyökalu on saatu kehitettyä vaaditulle tasolle ja mahdolliset puutteet ja kehitysehdotukset on ajettu laskentatyökaluun. Toiminnanohjausjärjestelmällä lasketaan yrityksen kaikki tarjoukset ja tällöin ohjelma saa laskettua kohteen hiilidioksidipäästöt samalla, kun kohteen tarjous lasketaan. Sähköurakoinnissa urakan aikana tulee lähes poikkeuksetta lisätöitä, jolloin kohteen valmistuttua lisätyt tuotteet lisäämällä saadaan kohteen lopullinen hiilijalanjälki selvitettyä.

4.3 Laskentatyökalun toteutus

Laskentatyökalun toteuttamisen ensimmäisessä vaiheessa ladattiin yrityksen tuotelistaus Excel-muotoon toiminnanohjausjärjestelmästä. Tämän jälkeen tuotteet käytiin läpi ja etsittiin tuotteille EDP-ympäristöselosteita. Tämä vaihe osoitautui haastavaksi, sillä pistorasia oli ainoa tuote, jolle löytyi valmistajan ympäristöseloste. Ympäristöselosteiden vähäisyys tuotti laskentatyökalun toteutukseen haasteita, sillä käytössä oli ainoastaan kansallisen päästötietokannan arvot. Päästötietokannasta ei löydy yksittäisille tuotteille tietoja, joten työkalussa piti laskea ja arvioida tuotteiden materiaaliosuudet. Kaikille tuotelistauksen tuotteille on laskettu kappaleelle tai metrille massa, jonka avulla kokonaispäästöt saadaan selville.

Sähkökalusteille laskentatyökalussa on käytetty päästötietokannan PVC-muovin sekä teräksen moduuleita. Laskentatyökalussa on otettu pistorasialle löytyvän materiaali osuuksien mukaiset suhteet. Muovin osuus 55 % ja teräksen osuus 45 %. Tuotelistauksemme tuotteille ei löytynyt omia materiaaliluetteloita, vaan niille on hyödynnetty pistorasian EDP-ympäristöselosteen mukaisia materiaalisuhteita.

Kaapeleille ei löytynyt ympäristöselosteita, joten niiden laskemisessa on käytetty myös päästötietokannan moduuleita. Sähköurakoinnissa käytetään monenlaisia eri materiaalia olevia sekä paksuisia kaapeleita, joten laskentatyökaluun ei ole otettu päästötietokannan suorita moduuleita matalajännitekaapeleille. Laskentatyökaluun on laskettu kaapeleiden poikkipinta-alojen ja johdinten määrän mukaan

materiaalit. Muovin osuus on MMJ 3x2,5 S kaapelista, sillä sen osuudella las-
kiessa keskiarvo muovin määrälle on hyvin todenmukainen. Kaapeleiden materi-
aalien vaihtelu kuparista alumiiniin on otettu huomioon, sillä alumiinilla on huo-
mattava ero päästöissä kupariin verrattuna. Kaapelit kohteissa menee kierrätyk-
seen ja niistä eritellään kupari, alumiini sekä muovi, joten C3 moduuli toimii las-
kentatyökalussa.

4.4 Raportoinnin toteutus

Kun rakennuskohde valmistuu, toimitamme asiakkaillemme tyytyväisyyskyselyn
sähköurakoinnista. Samassa yhteydessä raportoimme sähköurakan aiheuttamat
hiilidioksidipäästöt. Tämä käytäntö tarjoaa asiakkaillemme arvokasta tietoa ura-
kan ympäristövaikutuksista ja tukee heidän velvollisuuttaan toimittaa ilmastose-
litys rakennuksen loppukatselmuksen yhteydessä. Näin asiakkaamme saavat
osan tarvittavista tiedoista ilman erillistä pyyntöä, mikä helpottaa heidän velvoit-
teidensa täyttämistä.

5 LASKENTATYÖKALUN TESTAUS

5.1 Laskennan lähtötiedot

Laskentatyökalussa käytettävien lähtötietojen kannalta keskeisimpiä tuoteryhmiä sähköurakoinnissa ovat valaisimet, sähkökeskukset, kaapelit sekä sähkökalusteet. Näiden tuotteiden määrät ja materiaalisällöt vaikuttavat merkittävästi laskettavan kohteen hiilijalanjälkeen.

Valaisimet muodostavat usein merkittävän osan sähköurakan kokonaispäästöistä. Valaistuksen toteutustapa on muuttunut entistä kiinteämmäksi, ja erityisesti edulliset spottivalaisimet ovat yleistyneet. Tällaiset valaisimet ovat tyypillisesti kokonaan vaihdettavia rikkoutuessaan, eikä niihin voida vaihtaa yksittäisiä komponentteja. Tämän vuoksi niiden huollettavuus on heikko ja ympäristökuormitus usein suurempi. Valaisimien valintaan vaikuttaa usein hinta, mikä lisää kertakäyttöisten tuotteiden osuutta. Ympäristöselosteiden puuttuessa valaisimien päästöt joudutaan arvioimaan kansallisen päästötietokannan taulukkoarvoilla, jolloin laskennassa sovelletaan 20 prosentin varmuuskerrointa. Tämä kasvattaa valaisimien osuutta kohteen kokonaispäästöissä etenkin suuremmissa rakennushankkeissa.

Sähkökeskukset vaikuttavat hiilijalanjälkeen erityisesti niiden suuren massan ja materiaalisällön vuoksi. Keskusten valmistuksessa käytetään runsaasti metallia, mikä nostaa niiden päästövaikutuksia. Keskukset ovat usein yksilöllisesti suunniteltuja ja kohdekohtaisia, minkä vuoksi niille ei useinkaan ole saatavilla valmiita ympäristöselosteita. Tällöin laskennassa käytetään päästötietokannan arvoja, joihin sisältyy laskentaohjeiden mukainen varmuuskerroin. Vakiomallisten keskusten osalta, kuten esimerkiksi pientalojen tapauksessa, EPD-selosteiden laatiminen voisi olla helpompaa, mikä parantaisi laskennan tarkkuutta.

Kaapelit muodostavat niin ikään merkittävän osuuden sähköurakoinnin päästöistä. Kaapelien johtimissa käytetään yleisimmin kuparia tai alumiinia, joilla on hyvät sähkönjohtavuusominaisuudet, mutta valmistusprosessi on päästöintensiivinen. Heikommin johtavan materiaalin käyttö ei ole yksinkertaista, sillä se vaatisi

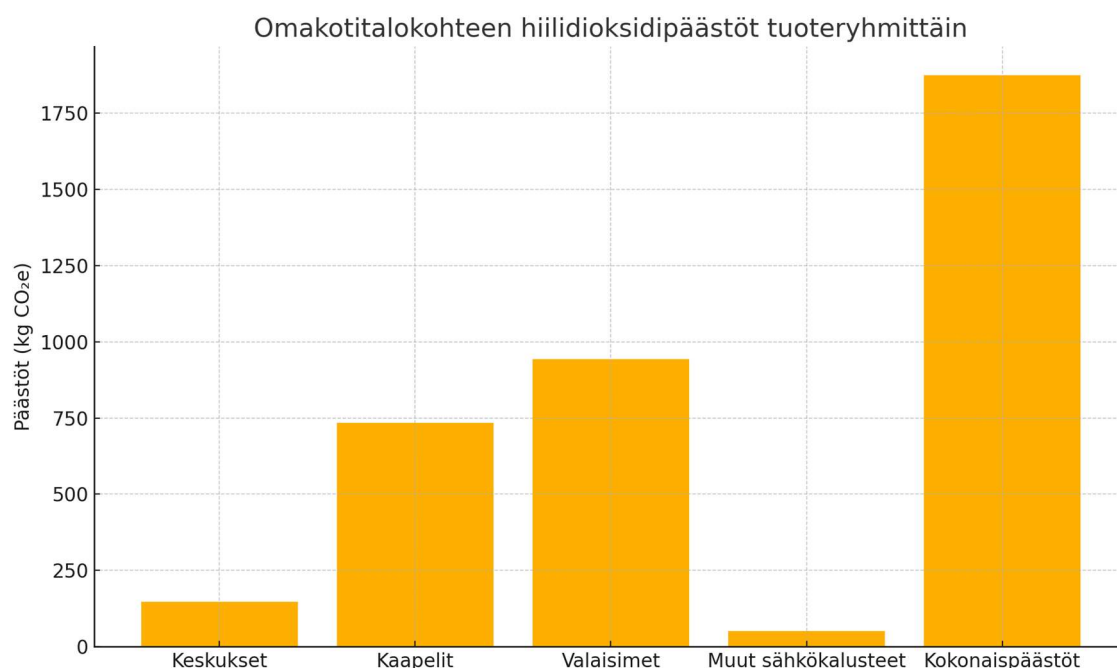
suurempia poikkipinta-aloja halutun johtavuuden saavuttamiseksi. Kaapelien ympäristövaikutuksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa valitsemalla tarkoituksenmukaisia johdineristeitä. Esimerkiksi PEX-eristeistä kaapelia voi kuormittaa enemmän kuin PVC-eristeistä, mikä mahdollistaa ohuempien kaapeleiden käytön. Materiaalivaihtelulla, kuten kuparin suosimisella alumiinin sijaan, voidaan lisäksi pienentää poikkipinta-alaa ja näin vähentää päästövaikutuksia.

Sähkökalusteet, kuten pistorasiat ja kytkimet, muodostavat lukumääräisesti suuren ryhmän, mutta niiden osuus kokonaispäästöistä on tyypillisesti vähäinen. Vaikka yksittäisissä kohteissa kalusteiden määrä voi olla suuri, niiden kokonaismassat ovat pieniä, ja päästövaikutukset jäävät näin ollen rajallisiksi.

5.2 Testaus omakotitalokohteissa

Laskentatyökalua testattiin kahdessa pohjapinta-alaltaan samankokoisessa omakotitalokohteessa. Sähkötarvikkeiden määrät näissä kohteissa olivat vähäisiä, mikä helpotti laskentaa. Molempien kohteiden sähköurakassa oli mukana perustason kalustukset, valaistusratkaisut sekä kaapeloinnit LVI-laitteille.

Omakotitalokohteissa suurimmat päästöt aiheutuivat sähkökeskuksista, valaisimista ja kaapeleista. Esimerkiksi valaisimien osuus on nykyään omakotitalokohteissa merkittävä, sillä nykyiset ratkaisut perustuvat edullisiin, kiinteästi asennettaviin valaisimiin, jotka ovat usein kertakäyttöisiä. Keskuksissa käytettiin päästötietokannan arvoja, koska EPD-ympäristöselosteita ei ollut saatavilla. Kohteiden kaapelointeihin ei olisi pystynyt vaikuttamaan merkittävästi, sillä pistorasiaketjutukset toteutettiin valaisinryhmistä 1,5 mm² kaapeleilla. Lisäksi kaikki kaapelit liittymiskaapelia lukuun ottamatta olivat materiaaliltaan kuparia. Kuviosta (kuvio 1) nähdään päästöjen jakautumien.

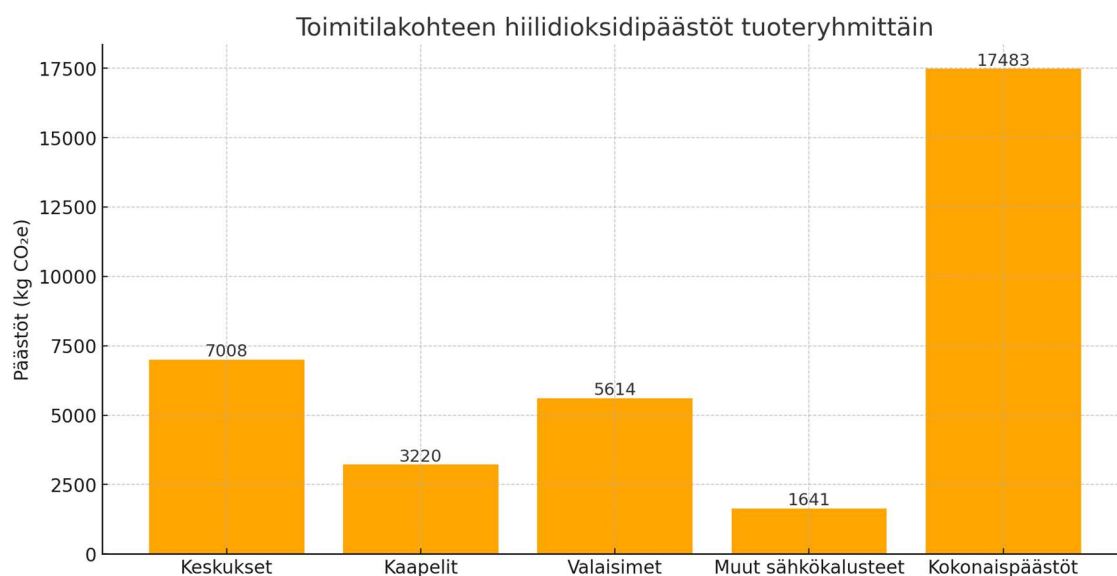


KUVIO 1. Omakotitalon päästöjen jakautuminen diagrammina.

5.3 Testaus toimitilakohteissa

Laskentatyökalulla arvioitiin kahden noin 1 500 neliömetrin suuruisen toimitilakohteen hiilijalanjälki. Molemmat kohteet sisälsivät tuotanto- tai varastotilan sekä toimisto-osan. Pohjapiirustukset olivat pitkälti samankaltaisia, mutta toisessa esimerkkikohteessa sähkölaitteita oli huomattavasti enemmän. Laskenta kattoi molemmissa kohteissa kaikki sähköurakoitsijan toimittamat kalusteet sekä kaapeloinnit LVI-urakan laitteisiin, jotka vaativat sähköliitännöitä.

Testauksen perusteella havaittiin, että päästöt muodostuvat toimitilakohteissa pitkälti samoista tuoteryhmistä kuin omakotitaloissa: valaisimista, sähkökeskuksista ja kaapeleista. Vaikka toisessa kohteessa oli huomattavasti enemmän sähkölaitteita, tällä ei ollut merkittävää vaikutusta kokonaispäästöihin. Tämä johtuu siitä, että kaapeloinnit toteutetaan usein ketjutetusti, eikä kaapeleiden määrä kasva suorassa suhteessa kalusteiden määrän kanssa. Kuviosta (kuvio 2) nähdään päästöjen jakautumien.



KUVIO 2. Toimitilakohteen päästöjen jakautuminen diagrammina.

5.4 Tulosten analysointi

Laskennasta huomataan, että pistorasioiden ja muiden pienten kalusteiden, joita kohteessa on suhteessa muuhun määrän paljon, niiden vaikutus kokonaispäästöihin on hyvin pieni. Esimerkiksi kuvasta (kuva 3) nähdään kuinka 196 pistorasiaa tuottaa noin 10 kg/CO₂eq, kun taas puolestaan yksi ATK-laitekaappi tuottaa noin 239 kg/CO₂eq. Tämä suuri eroavaisuus toki selittyy osin sillä, että pistorasialle löytyy valmistajan EDP-ympäristöseloste ja laitekaappi on laskettu kansallisen päästötietokannan arvoilla.

Laskennan tuloksien myötä korostuu, kuinka suuri merkitys laskettavan tuotteen lähtötiedoilla on. Yksi kappale 63A voimapistorasia on laskentatyökalun lähtötiedoilla 17,73 % 196 pistorasian päästöistä. 63A voimapistorasialle ei löytynyt valmistajan EDP-ympäristöselostetta ja pistorasialle löytyi. Tämä osoittaa, kuinka suuri merkitys tarkalle laskennalle on saada ympäristöselosteita käyttöön laskentatyökaluihin. Vaikka käytännössä tuotteiden päästöt ovat pienempiä mitä päästötietokanta antaa, on hyvin tärkeää noudattaa Suomen lainsäädännön vaatimuksia ja käyttää päästötietokannan arvoja, jos ympäristöselostetta ei tuotteelle ole, sillä sen myötä varmistamme yhdenvertaisen laskennan.

Kuvasta (kuva 3) voidaan havaita, että laskennassa hyvin merkittävä osa päästöjä ovat kesukset. Kansallisesta päästötietokannasta löytyy keskukselle arvot, mikä tekee laskennasta helppoa, mutta sen vaikutus on huomattava. Kuvan (kuva 3) kesukset ovat räätälöityjä, joten niille valmistajan ympäristöseloste on hankala luoda.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Sortide	Prosessitulos	Prosessi	Paino metalli	Paino muovi	Paino yleis	Määrä kg/m ³	CO2-taso A1-A3 metalli	CO2-taso A1-A3 muovi	CO2-taso C3 muovi	CO2-taso C3 muovi	EDP A1-A3	EDP C1	CO2-taso tuote A1-A3	CO2-taso tuote C1	GWP (CO2 eq kg)									
150402 1001-1		Telekaappi-litrimetri (muu pr paneelin maad liitin)	77			77	1	3,1			0,002													238,854
130001 11000-1		32A piitorasia	0,4293	0,5247		0,954	3	4,1	2,8	0,002	0,057													3,200705
130006 11000-2		3x16 komin piitorasia (yhte/halli)	0	0		0		4,1	2,8	0,002	0,057													0
130001 11000-3		63A piitorasia	0,4293	0,5247		0,954	1	4,1	2,8	0,002	0,057													1,790805
130002 11000-3		Kaksoisalan piitorasia IP21, uppo				19,6	196	4,1				0,535	0,003											30,097
130020 11000-3		Kaksoisalan piitorasia IP44				3,197	23	4,1																1,040655
130044 11000-3		Voimapiitorasia 16A	2,223	2,717		4,94	19	4,1	2,8	0,002	0,057													16,881235
130264 11000-3		Teleraan runko - peltiteley	3,0492	3,7288		6,776	77	4,1	2,8	0,002	0,057													23,135386
150070 11000-4		Tuuli PR	0	0		0	0	4,1	2,8	0,002	0,057													0
130003 11001-1		Valaisintorasia akk 13 maadoitus, pinna/uppo	0	0		0	0	4,1	2,8	0,002														0
150261 11001-2		Antennivainon runko peltiteley	0	0		0	0	7,2		0,002														0
150200 12001-2		6-Kytkin, uppo	1,369	1,551		2,82	30	4,1	2,8															9,5457
150204 12001-2		Hätsäkytkin	0	0		0	0	4,1	2,8															0
150204 12001-3		Hätsäkytkin painike	0,2056	0,2464		0,448	2	4,1	2,8															1,53648
150202 12001-2		Kytkin 3/0, uppo	0	0		0	0	4,1	2,8															0
150482 12001-2		Turvakyltti 16A	0,805	0,895		0,9	3	4,1	2,8															3,0685
150488 12001-3		Turvakyltti 3x63A	0,7398	0,9042		1,644	2	4,1	2,8															5,56894
150208 12001-3		Moottorisäädin Eno 0 10V	0,0495	0,0605		0,11	1	4,1	2,8															0,37235
150204 12001-2		Painonappi pinta/uppo	0,846	1,024		1,88	20	4,1	2,8															6,2638
150205 12001-2		LED-lampun osat	0	0		0	0	4,1	2,8															0
150206 12001-1		Työtuoliasäädin	0,081	0,099		0,18	1	4,1	2,8															0,6093
150200 12011-3		Ulkovalaisin valk, pinta	0,81	0,99		1,8	9	4,1	2,8															6,093
150100 13001-2		lakarasia A99	1,292	1,292		1,292	19	4,1	2,8															3,6376
150101 13001-3		lakarasia, pinta A6	0	0		0	0	4,1	2,8															0
150204 14001-2		Palausseinä Kanto 230V	0	0		0	0	4,1	2,8															0
40002 19001-1		Byhenkeskus Eno				0	0						2,8	0,12										0
40002 19001-1		Byhenkeskus stu				0	0						2,8	0,12										0
40000 19000		Keskus toimittain mukaan				2000	1						2,8	0,12										7008

KUVA 3. 1400m² toimitilan kalusteiden ja keskusten päästöt.

Kuvasta (kuva 4) nähdään myös samalla tavalla valaisimien merkittävä osuus laskentaan. Valaisimille on saatavilla EDP-ympäristöselosteita, mutta esimerkiksi kohteiden valaisimien valmistajat eivät olleet vielä laatineet sellaisia. Laskentatyökalussa valaisimet, joille ei ole ympäristöselostetta lasketaan päästötietokannan luvuilla ja näin ollen valaisimien painolla on ainoa merkitys päästölaskennassa.

150800 31000-1		200 hyllyn keskkonake	0			0	0	2,9		0,002														0	
150801 31000-2		200 hyllyn seinäkonake	0			0	0	2,9		0,002														0	
150802 31000-3		300 hyllyn keskkonake	8,74			8,74	19	2,9		0,002														25,3698	
150803 31000-4		300 hyllyn seinäkonake	10,45			10,45	19	2,9		0,002														30,3295	
150804 31000-5		500 hyllyn keskkonake	0			0	0	2,9		0,002														0	
150805 31000-6		500 hyllyn seinäkonake	0			0	0	2,9		0,002														0	
150806 31000-7		Tikkaohjelm jatkokappale	8,51			8,51	23	2,9		0,002														24,6902	
150808 31000-8		KS20-200 tikkaohjelm	0,007			0,007	0	2,9		0,002														0	
150809 31000-9		KS20-300 tikkaohjelm	112,257			112,257	58	2,9		0,002														340,28867	
150810 31001-0		KS20-500 tikkaohjelm	0,007			0,007	0	2,9		0,002														0	
150801 31001-3		Kierretanko MTD	0			0	0	2,9		0,002														0	
100004 32000-2		Asemospaikka jasp 32	0			0	0	7,2		0,002														0	
100000 32001-1		Asemospaikka jasp 20	6,4			6,4	40	7,2		0,002														46,0928	
100000 32001-4		Jasp 25 kinnike		0,16		0,16	40		2,8		0,057													0,45712	
100002 32001-5		Asemospaikka jasp 25	9,32			9,32	40	7,2		0,002														62,12264	
100006 32001-3		Asemospaikka jasp 40	0			0	0	7,2		0,002														0	
100000 32001-7		Jasp 32 kinnike	0			0	0		2,8		0,057													0	
100008 32001-8		Jasp 20 kinnike	0,16			0,16	40		2,8		0,057													0,45712	
100002 32001-9		Jasp 40 kinnike	0			0	0		2,8		0,057													0	
150806 33001-1		Asemospaikka hyllyn	2			2	10	2,9		0,002														5,804	
140013 33000-2		Valaisinpylväs 3,5m	0			0	0	2,9		0,002														0	
140015 33003		Valaisinpylväs MEKO	0,298			0,298	96	2,9		0,002														0,86476	
140017 33005		Valaisinpylväs jatkokappale	6,72			6,72	24	2,9		0,002														19,50144	
140018 33007		Valaisinpylväs keskkonake	8,616			8,616	48	2,9		0,002														19,40012	
150504 34001-1		Benjiyksästä 6m pykälälle				100	4						0,2	0,0068										26,58	
150501 34001-2		Autolämitysojan putki	10,4			10,4	4	2,9		0,002														30,1808	
150804 35001-1-08		ORO:n piitorasiaakoru vaik 70x110mm (yhte/halli)		234		234	180		2,8		0,057													688,538	
		Valaisimet painon mukaan				436,5	1																	5614,41	
		Kokonaan hyllykappale on mukaan A1-A3 ja C3-sektorin																							
																									17483,7448 CO2 eq kg

KUVA 4. Toimitila kohteen valaisimien päästöjen määrä taulukon alimmaisena. Päästöjen määrä oikeassa reunassa.

5.5 Testauksen yhteenveto

Testaus osoitti kuinka selkeästi molemmissa kohdetyypeissä mistä suurimmat päästöt koostuvat ja tämän myötä suunnittelija sekä asiakkaan on mahdollista tehdä toimenpiteitä, joilla päästöjä saadaan pienennettyä. Valaisimissa erityisesti on mahdollista tehdä valinnoilla ympäristöystävällisiä ratkaisuja ja mikäli asiakkailla on kiinnostusta saada kohteista vähäpäästöisempiä laskennan mukaan, on syytä valita valaisimia, joille löytyy ympäristöseloste. Uskoisin, että juuri tällä perusteella vastuulliset valmistajat haluavat saada tuotteilleen mahdollisemman pian ympäristöselosteet. Keskuksissa ja kaapeleissa suunnittelijan ja asiakkaan on vaikeampi vaikuttaa päästöihin, sillä keskuksat ja kaapelit vaikuttavat rakennuksen perustarpeisiin sekä turvallisuuteen. Tämän vuoksi keskuksien ja kaapeloinnin määrän vähennyksellä voi olla turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Laskenta oli helppo toteuttaa Excel-pohjaisella laskentatyökalulla, sillä valmistuneen kohteen tuotelista löytyy toiminnanohjausjärjestelmästä ja sieltä löytyy tuotteet samassa järjestyksessä, mitä ne ovat laskentatyökalussa. Toiminnanohjausjärjestelmän arkistoista löytyy kaikkien kohteiden, joita sen käytön aikana on toteutettu, joten sieltä on mahdollista tarvittaessa laskea pitkältä ajalta erikohteiden hiilidioksidipäästöjä. Työkalua on helppo kehittää ja kehityksen tarve kasvaa jatkuvasti sillä tuotteille alkaa varmasti EDP-ympäristöselosteita tulemaan.

6 LASKENTATYÖKALUN YHTEENVETO

6.1 Keskeiset havainnot

Laskentatyökalu osoittautui toimivaksi työkaluksi yrityksen käyttöön. Työkalulla saatiin haluttu lopputulos, jossa saadaan pienellä vaivalla annettua tilaajalle tai loppukäyttäjälle vastuullinen kuva yrityksestä, sekä mahdollisuus hyödyntää muissa laskelmissa työkalulla saatua tulosta. Laskelmat ovat tämän hetken lähtötietojen myötä hieman karkeita, mutta jatkossa työkalua kehittämällä saadaan jatkuvasti tarkempaa laskentaa luotua.

Laskentatyökalun pohja saatiin Excel sovelluksen ansiosta hyvin joustavaksi ja kehittämiseen soveltuvaksi, joka takaa työkalun tavoitteiden saavuttamisen myös tulevaisuudessa. Työkalun käyttö osoitti, kuinka tärkeää olisi saada hiilijalanjälki laskelmien lähtötietoihin tarkkuutta, sillä vastuulliset valmistajat eivät pysty osoittamaan vastuullisuuttaan ilman ympäristöselosteita. Olisi tärkeää saada mahdollisemman pian paljon ympäristöselosteita, sillä se ajaisi valmistajia myös vastuulliseen suuntaan sekä suunnittelijoille mahdollisuuden valita vastuullisia materiaaleja kohteisiinsa.

6.2 Laskentatyökalun luotettavuus ja hyödyt

Laskentatyökalu on luotettava, sillä se pohjautuu ympäristöministeriön laskentaohjeisiin sekä heidän ylläpitämään päästötietokantaan. Toki tulosten analysointi kohdassa havaittiin, kuinka suuri merkitys laskennan tarkkuuteen ympäristöselosteellisella tuotteella on verrattuna päästötietokannan lähtötietoihin. Tämä ei silti vaikuta laskentatyökalun luotettavuuteen vaan osoittaa sen, kuinka paljon ympäristövastuullisuus asioissa on vielä kehitettävää.

Työkalu mahdollistaa yrityksen vastuullisuuden ensiaskeleissa eteenpäin, sillä työkalun laskentamalli on tulevaisuudessa myös Pk-yrityksille pakollisen ESG-raportoinnin eli vastuullisuusraportoinnin kanssa samankaltainen. Työkalulla

saatiin siis toteutettua tavoitteet, jossa saadaan luotua kilpailuetua sekä vastuullisuuden osoittamista asiakkaille, sekä pohja vastuullisuusraportoinnin laskentamallien hyödyntämiselle sekä hallitsemiselle.

6.3 Mahdolliset haasteet ja rajoitukset

Laskentatyökalu on yrityksen sisäinen, eikä sille ole määritelty budjettia jatkuvalla keittämiselle. Hiilijalanjälkilaskenta on vielä kohtalaisen tuoretta sähköurakoinnissa, jonka vuoksi laskentatyökalu vaatii jatkuvaa kehitystä lähtötietojen ajantasaisuudelle. Tämä luo haasteen työkalun käytölle, sillä epäajantasaiset lähtötiedot antavat väärää tietoa sekä laskee työkalun luotettavuutta. On kuitenkin todennäköistä, että laskelmien päästöt tulevat laskemaan mitä pidemmälle lähtötiedoissa päästään. Työkalun ehdottomasti suurin haaste on saada jatkumoa kehittämiseksi.

7 POHDINTA JA JATKOKEHITYS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Ilectric Oy:n käyttöön hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalu, joka tukee sähköurakoinnin näkökulmasta rakennushankkeeseen ryhtyvälle vaadittavaa rakennuslain mukaista ilmastaselvitystä. Päästölaskenta on sähköurakoinnissa haasteellista tuotteiden moninaisten materiaalikoostumusten ja laajan tuotevalikoiman vuoksi. Tässä työssä kehitetty työkalu paikkaa tätä puutetta yhdistämällä kansallisen päästötietokannan arvoja tuotteiden materiaaliprofiileihin ja massoihin, mikä mahdollistaa päästölaskennasta tuotekohtaisen myös ilman EPD-dokumentteja. Tämä on erityisen tärkeää, sillä sähköteknisille tuotteille ei ole vielä kattavasti saatavilla tuotekohtaisia ympäristöselosteita, mutta niiden määrä todennäköisesti kasvaa tulevaisuudessa. Työkalun avulla Ilectric Oy voi auttaa asiakkaitaan täyttämään lainsäädännön vaatimukset ja parantaa kilpailukykyään urakoitsijana.

Laskentatyökalu osoittautui toimivaksi testatuissa omakotitalo- ja toimitilakoh-teissa. Testit osoittivat, että suurin osa päästöistä muodostuu kaapeleista, sähkökeskuksista ja valaisimista, joille on haastavaa löytää tarkkoja päästötietoja ilman tuotekohtaisia EPD-dokumentteja. Esimerkiksi kaapeleiden päästöt riippuvat merkittävästi johtimien kuparista tai alumiinista. Sähkökeskuksissa käytetty teräs muodostaa suuren osan niiden kokonaispäästöistä. Valaisimien osalta komponenttien materiaalit, vaihtokelpoisuus ja käyttöikä vaikuttavat merkittävästi niiden ympäristövaikutuksiin, mutta ilman EPD-dokumentteja näitä ei voi ottaa huomioon vaan laskenta perustuu massoihin. Vaikka kaikille tuotteille ei löytynyt tarkkoja EPD-dokumentteja, työkalu onnistui tuottamaan melko tarkkoja arvioita materiaaliprofiilien ja massojen perusteella. Tämä osoittaa, että päästöarvioiden tarkkuutta voidaan parantaa merkittävästi, kun tuotekohtaiset materiaalitiedot ovat käytettävissä.

Työn aikana tunnistettiin myös haasteita. Yksi merkittävimmistä oli ympäristöselosteiden rajallinen saatavuus, mikä rajoitti laskennan tarkkuutta ja lisäsi laskentatyökalun tekemiseen vaadittavia lähtötietoja tuotteiden materiaaliprofiileista ja massoista. Kansallinen päästötietokanta tarjoaa yleisiä materiaalikohtaisia ar-

voja, mutta se ei kata kaikkia sähköurakoinnissa käytettäviä tuotteita. Lisäksi nykyinen Excel-pohjainen ratkaisu edellyttää käyttäjältä paljon manuaalista työtä ja tuotteiden jatkuvaa päivittämistä, mikä lisää virhemahdollisuuksia ja hidastaa laskentaprosessia.

Työkalun kehityksessä on myös mahdollisuuksia. EPD-dokumenttien määrän kasvaessa olisi hyödyllistä tutkia, miten ne voitaisiin integroida nykyiseen laskentamalliin entistä helpommin. Tämä voisi sisältää automaattisen EPD-dokumenttien haun ja käsittelyn suoraan valmistajien tietokannoista, mikä vähentäisi manuaalisen työn tarvetta ja parantaisi laskennan tarkkuutta. Lisäksi työkalun integrointi yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään voisi nopeuttaa laskentaprosessia ja varmistaa, että tuotelistat ja päästötiedot pysyvät ajan tasalla.

Työkalun jatkokehityksessä olisi myös järkevää selvittää, miten tekoälyä ja koneoppimista voitaisiin hyödyntää ympäristöselosteiden automaattiseen käsittelyyn. Tämä voisi mahdollistaa ympäristöselosteiden jatkuvan päivittämisen ja parantaa laskennan tarkkuutta erityisesti tuotteille, joille ei ole saatavilla kansallisia päästöarvoja.

Kaiken kaikkiaan laskentatyökalu osoittaa, että sähköurakoinnissa on mahdollista saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä oikeilla materiaalivalinnoilla ja prosessien optimoinnilla. Työkalu tarjoaa konkreettisen välineen päästöjen laskentaan ja niiden erittelyyn. Samalla se luo pohjan tuleville kehitysaskelleille, kuten automaation lisäämiselle ja tekoälyn hyödyntämiselle, mikä parantaa sen käytettävyyttä ja tarkkuutta tulevaisuudessa.

LÄHTEET

ABB. (2023). Pistorasia Impressivo 2-os maadoitettu, jousiliittimin, haaroitusliittimet, valkoinen. Haettu 7. toukokuuta 2025, osoitteesta <https://www.asennustuotteet.fi/product/302euj-84/pistorasia-impressivo-2-os-maad-jousiliittimin-haaroitusliittimet-valkoinen>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2009). Direktiivi 2009/125/EY energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavista vaatimuksista (Eco-design-direktiivi). Luettu 9.4.2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0125-20121204>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2023). Direktiivi (EU) 2023/1791 energiatehokkuudesta. Luettu 9.4.2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32023L1791>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2024). Direktiivi (EU) 2024/1275, annettu 24 päivänä huhtikuuta 2024, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu) (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Euroopan unionin virallinen lehti. Luettu 9.4.2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32024L1275>

Laine, A., Pohjalainen, S., Mäntylä, I., Eloranta, A., Lehtomäki, J. & Raivio, T. (2024). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 – tiekartan päivitys. Gaia Consulting Oy. Luettu 27.4.2025, osoitteesta chrome-extension://efaidnbmnnnibpcaj-pcglclefindmkaj/https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/06/Loppuraportti-RT-vaha-hiilisyys-7.6.2024_FINAL.pdf

Rakennustieto. (n.d.). Hiililaskurin laskentasaännöt. Luettu 9.4.2025, osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/tuotetieto/hiililaskurin-laskentasaannot#a5-hukka>

Rakennusteollisuus RT. (2020). Rakennetun ympäristön vuotuinen hiilijalanjälki on kartoitettu. Luettu 6.5.2025, osoitteesta <https://rt.fi/tiedotteet-ja-uutiset/2020/03/rakennetun-ympariston-vuotuinen-hiilijalanjalki-on-kartoitettu/>

Rakennusteollisuus RT. (2024). Rakennetun ympäristön päästöt vähenevät aiemmin arvioitua nopeammin. Luettu 21.2.2025. <https://rt.fi/tiedotteet-ja-uutiset/2024/06/rakennetun-ympariston-paastot-vahenevat-aiemmin-arvioitua-nopeammin/>

Rakentamislaki 751/2023. (2023). Laki rakentamisesta. Finlex. Luettu 9.4.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2023/751>

Suomen ympäristökeskus. (n.d.). CO2data.fi – Rakennustuotteiden ilmastovai-
kutukset. Luettu 9.4.2025. <https://co2data.fi>

Ympäristöministeriö. (2023). Ilmastaselvitys ja rakennustuoteluettelo luovat uusia
edellytyksiä rakennuksen vähähiilisuuden arvioinnille. Luettu 9.4.2025, osoit-
teesta [https://ym.fi/-/ilmastaselvitys-ja-rakennustuoteluettelo-luovat-uusia-edelly-
tyksia-rakennuksen-vahahiilisuuden-arvioinnille](https://ym.fi/-/ilmastaselvitys-ja-rakennustuoteluettelo-luovat-uusia-edelly-
tyksia-rakennuksen-vahahiilisuuden-arvioinnille)

Ympäristöministeriö. (2024). Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmas-
toselvityksestä ja materiaaliselosteesta (1027/2024). Luettu 6.5.2025, osoitteesta
<https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2024/1027>

Liite 2. Toimitilakohteen hiilijalanjälkilaskenta kokonaisuudessaan.

A	B	C	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
ProductCode	Product	Palno metalli	Palno muu2	Palno ytu kg	Määrä kg/m	CO2data A1-A3 metalli	CO2data A1-A3 muu	CO2data C1 metalli	CO2data C1 muu	EDP A1-A3	EDP C1	CO2data tuote A1-A3	CO2data tuote C1	GWP (CO2 eq kg)		
1504001 1001.1	Telakkaopintametri (määrä per paneelin maad lloin)	77		77	1	3.1				0.002				238.854		
130001 11000.1	2x6 pistorasia	0.429		0.429	3	4.1	2.8			0.002				3.26065		
130005 11000.1-08	3x26A kombi pistorasia (yhte/halli)	0		0	0	4.1	2.8			0.002				0.057		
130001 11000.3	63A pistorasia	0.429		0.429	1	4.1	2.8			0.002				1.79085		
130001 11000.5	Kaksoisnauha pistorasia P21, uppo			156	106	4.1	2.8				0.515	0.002		30.087		
130002 11000.6	Kaksoisnauha pistorasia P44			3,197	23	4.1	2.8							1.64655		
130004 11000.8	Voimapistorasia 16A	2,233		2,717	19	4.1	2.8			0.002				18.88125		
150204 11000.9	Tekstuurin runko + pehveli	3,042		3,788	77	4.1	2.8			0.002				23.15286		
150073 11000.1	tuot P8	0		0	0	4.1	2.8			0.002				0.057		
130020 11001.1	Valaisinpistorasia 4x13 maadoitettu, pinta/uppo	0		0	0	4.1	2.8			0.002				0		
150203 11001.2	Antenninauha runko pehveli	0		0	0	7.2	0							0		
150201 11001.2	4-käyttö, uppo	1,269		1,551	30	4.1	2.8			0.002				9.5457		
150204 11002.2	Hämäräkytkin	0		0	0	4.1	2.8							0		
150203 11003.3	Häilytyö painike	0.209		0.264	2	4.1	2.8							1.51948		
150201 11004.2	Kytin 10A uppo	0		0	0	4.1	2.8							0		
150403 11005.2	Turvaohje 16A	0.405		0.495	0.9	3	4.1	2.8						3.0465		
150404 11006.3	Turvaohje 30A	0.738		0.902	1.644	2	4.1	2.8						5.56494		
150208 11007.3	Maastointin kasa 0 10V	0.095		0.095	0.11	4.1	2.8							0.37235		
150204 11008.2	Painonauha pinta/uppo	0.846		1.034	1.88	20	4.1	2.8						6.338		
150205 11009.2	LED-hinnasto	0		0	0	4.1	2.8							0		
150209 11001.1	Työskentely	0.041		0.099	0.18	1	4.1	2.8						0.0893		
150203 11001.1	Ulkotason valk, pinta	0.81		0.99	1.8	9	4.1	2.8						6.093		
150101 11001.2	Jakorasia AP9	1,292		1,292	19	4.1	2.8							3.6376		
150105 11002.3	Jakorasia pinta AP	0		0	0	4.1	2.8							0		
150206 11002.2	Palonauha kasa 20V	0		0	0	4.1	2.8							0		
40001 11000.1	Byhmäkeskus Ensto													2.8	0.12	0
40002 11000.1	Byhmäkeskus Ensto													2.8	0.12	0
40003 11000.1	Byhmäkeskus Ensto													2.8	0.12	0
40004 11000.1	Keskus toimint pinnon mukaan			2400	1									2.8	0.12	708
601024 21001.1	MMI 3x1,5S	14,176		42,7	56,875	300	5	2.8	0.002	0.057				192,89725		
601019 21001.2	MMI 3x2,5S	20,25		36,6	56,875	300	5	2.8	0.002	0.057				205,852		
601040 21001.3	MMI 3x4,5S	11,5		18,4	19,9	200	5	2.8	0.002	0.057				117,219		
601046 21001.3	MMI 3x10S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601019 21001.3	MMI 3x16S	21,6		1,66	25,26	300	5	2.8	0.002	0.057				118,0902		
601054 21001.3	MMI 3x2,5S	4,5		4,88	9,38	40	5	2.8	0.002	0.057				44,55136		
601094 21001.3	MMI 3x2,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601096 21001.3	MMI 3x4,5S	1,5		6,1	19,6	50	5	2.8	0.002	0.057				44,947		
601061 21002	Novak 4x2x0,5x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601062 21001	Novak 8x2x0,5x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601061 21002	Novak 12x2x0,5x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601066 21002	MMO 7x1,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601061 21008	MMO 12x1,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601068 210027	MMO 10x1,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210028	MMO 27x1,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210028	Puikujono 3x1,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601071 210030	Kuparikieli Cu2S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210031	Puikujono 3x2,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210032	Puikujono 3x4,5S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210033	Puikujono 3x10S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210034	Puikujono 3x16S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601069 210035	Puikujono KIM 4x4x0,8	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601061 21001.1	Kupari Cu16	7,2		6,1	13,3	50	5	2.8	0.002	0.057				53,4421		
601069 21001.1	MCM 4x4x4	10,8		1,88	15,68	100	5	2.8	0.002	0.057				67,9636		
601012 21001.8	MRS 10x2x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601015 21001.3	MRS 10x2x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601012 21001.3	MRS 5x2x0,5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601012 21001.1	MRS 6x1	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601012 21001.2	MRS 6x1	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
501001 21001.1	AMCM 4x18x5/7	41,998		2,562	44,52	21	7,2	2.8	0.002	0.057				309,5015		
501001 21001.1	AMCM 4x25/16	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501001 21001.1	AMCM 4x25/16	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501001 21001.4	AMCM 4x30/16	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501001 21001.5	AMCM 4x30/16	30,78		1,66	34,44	100	5	2.8	0.002	0.057				232,1348		
501001 21001.1-02	AMCM 4x30/18	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501001 21001.1	AMCM 2x25/25	13,5		30,5	44	200	5	2.8	0.002	0.057				154,6005		
501001 21001.3	MCM 4x15/15	2,25		6,1	8,15	50	5	2.8	0.002	0.057				18,4022		
501001 21001.3	MCM 4x25/25	25,2		34,16	59,36	200	5	2.8	0.002	0.057				221,6452		
501016 24000.1	AMM 4x150S	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501016 24000.1	AMM 4x18S	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501017 24001.3	AMM 4x18S	12,6		6,1	15,7	50	7,2	2.8	0.002	0.057				95,8069		
501016 24004.2	AMM 4x25S	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501016 24005.2	AMM 4x30S	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
501016 24006.2	AMM 4x30S	0		0	0	0	7,2	2.8	0.002	0.057				0		
401011 25001.1	CAT5-puikujono	14,4		48,8	63,2	400	5	2.8	0.002	0.057				211,454		
501028 25002.3	Kuitu 65MM	1,8		6,1	7,9	50	5	2.8	0.002	0.057				26,4143		
501005 25003.3	Signum 1 purkuri	1,88		9,76	12,64	80	5	2.8	0.002	0.057				42,2908		
501016 25005.3	Tellu 5	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
501017 25006.2	Tellu 7	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
501011 25007.3	Tellu 13	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601018 25009	Puikujono HF-DIGILINE ZWHF 2xCAIS VUUP S	0		0	0	0	5	2.8	0.002	0.057				0		
601011 25011.3	KIM 4x4x1 40L8	0		0	0	0	5	2.8								