

Rakennuksen
Hiilijalanjäljen arviointi

Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkot



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2020

Martti Virtanen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä	Martti Virtanen	Vuosi 2020
Työn nimi	Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointi: Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkot	
Työn ohjaaja/t	Kirsi Kemppinen ja Jenni Ypyä	

TIIVISTELMÄ

Hiilijalanjälki on noussut erityisesti mediassa viime aikoina suuresti esiin. Sen arviointi on kuitenkin varsinkin rakennusalalla ollut varsin vähäistä, ja on johtunut kansallisten toimintatapojen ja yhteisten menetelmien puuttumisesta. Viime vuoden osalta ovat Ympäristöministeriö yhteistyössä Green Building Council Finlandin kanssa kehittäneet ensimmäisen konkreettisen arviointimenetelmän, jonka avulla rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksia ja hiilijalanjälkeä voidaan arvioida.

Opinnäytetyön alkuosassa käsitellään ilmastonmuutosta ja sen keskeisimpiä käsitteitä. Myöhemmin siinä käydään läpi uutta arviointimenetelmää ja sen käyttöä sekä sillä suoritettua hiilijalanjäljen arviointia Järvenpäässä sijaitsevaan Hyvinvointikampuksen päiväkotiin. Työn loppuosa koostui arvioinnin avulla suoritetuista vertailuista elinkaaren eri vaiheiden ja rakennesuunnittelun kannalta tärkeiden rakenneosien vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin. Tuloksia vertaillaan myös nollaE Oy:n aiemmin kohteesta laatiin arvioon rakennuksen hiilijalanjäljestä.

Tavoitteina työllä oli kehittää erityisesti omaa ja työntilaajan Vahanen Suunnittelupalvelut Oy:n osaamista sekä tietotaitoa hiilijalanjäljen arvioinnista ja ennen kaikkea tuottaa Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkotiin onnistunut hiilijalanjäljen arviointi.

Opinnäytetyön lopputuloksissa oli nähtävissä rakennesuunnittelun kannalta kantavien rakenteiden merkitys hiilijalanjäljen torjunnassa sekä hallinnassa. Toisaalta vertailut toivat esiin myös hiilijalanjäljen kompleksisuuden ja pientenkin suunnittelu- ja materiaali- valintojen merkitykset kasvihuonekaasupäästöjen kitkemisessä. Itse arvioinnin ja siihen kehitetyn menetelmän kriittisimmät virheet kohdistuivat laskennan toistettavuuteen ja sen tarkkuuteen.

Avainsanat Elinkaariarvio, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, hiilineutraalius, kasvihuonekaasut

Sivut 108 sivua, joista liitteitä 60 sivua

Degree Programme in Construction Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Martti Virtanen	Year 2020
Subject	Assessment of a building's carbon footprint: Järvenpää Day Care Wellness Campus	
Supervisors	Kirsi Kemppinen and Jenni Ypyä	

ABSTRACT

The carbon footprint has received plenty of attention recently, especially in the media. However, its actual assessment, particularly in the construction sector, has been minimal and caused by the lack of common national policies and methods. In 2019, the Ministry of the Environment, in cooperation with Green Building Council Finland, developed the first concrete assessment method to enable the evaluation of the environmental impact and carbon footprint of the building's entire life cycle.

This Bachelor's thesis was commissioned by Vahanen Design Services Oy. The purpose of the thesis was to develop the company's expertise and knowhow in carbon footprint assessment and to produce a successful Carbon Footprint Assessment for the Day Care Wellness Campus in the city of Järvenpää.

First, climate change and its key concepts were discussed. Then, the new evaluation method and its use were discussed including the carbon footprint assessment carried out for the Day Care Wellness Campus in the city of Järvenpää. Finally, comparisons were made to find out the impacts of the different phases of the life cycle and structural designs of the relevant structures on the greenhouse gas emissions. The results were also compared with the previous estimate of the carbon footprint of the same building completed by the company nollaE Oy.

The results of the thesis show the significance of load-bearing structures in terms of structural design in the fight and control against carbon footprint. On the other hand, comparisons also highlighted the complexity of carbon footprint and the importance of small design and material selections to eradicate greenhouse gas emissions. The critical errors in the evaluation and the method were found in the repeatability of the calculation and its accuracy.

Keywords Carbon footprint, carbon handprint, carbon neutrality, greenhouse gases, life cycle assessment

Pages 108 pages including appendices 60 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ILMASTONMUUTOS.....	2
3	KASVIHUONEILMIÖ.....	3
4	ILMASTOJÄRJESTELMÄ	4
4.1	Säteilypakote.....	5
4.2	Hiilibudjetti.....	6
5	TORJUNTA- JA OHJAUSKEINOT.....	6
5.1.1	Euroopan unioni	6
5.1.2	Kansalliset tavoitteet Suomessa.....	7
6	RAKENNUSTEN HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTITYÖKALU	8
6.1	Ennen käyttöä, A1-5	9
6.2	Käytön aikana, B3-4, B6.....	9
6.3	Käytön jälkeen, C1-4.....	10
6.4	Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset, D.....	11
7	HYVINVOINTIKAMPUKSEN PÄIVÄKOTI	11
8	MASSA- JA MÄÄRÄLASKENTATIEDOT.....	14
8.1	Tekla Structures -RAK-tietomalli	15
8.2	Solibri Model Checker -yhdistelmämalli	18
8.3	Excel-taulukko	19
9	MÄÄRIEN- JA MASSOJEN LASKENTA	20
9.1	Tilavuuspainot	20
9.2	Perustus- ja alapohjarakenteet	21
9.3	Välipohjarakenteet	22
9.4	Yläpohja- ja vesikattorakenteet	23
9.5	Elementtien saumat ja Kahi-harkkoseinät	26
9.6	Piharakennukset ja varusteet.....	27
9.7	Sisätilat, varusteet ja pintamateriaalit	28
9.8	LVIS-tekniikka	29
9.9	Energiankulutus.....	30
10	HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTI.....	31
11	LOPPUTULOKSET JA NIIDEN VERTAILU.....	35
12	POHDINTA.....	42

Liitteet

- Liite 1 Hiilijalanjäljen arvioinnit ja - yhteenvedot, laskelmat 1 ja - 2
- Liite 2 Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
- Liite 3 Määrä- ja massaluettelo
- Liite 4 Elinkaaren CO₂e- päästöjen jakautuminen eri skenaarioissa

KÄSITTEET JA LYHENTEET

Albedo	(<i>Lat. Albus = Valkoinen</i>). Tarkoittaa kappaleeseen heijastuneen ja siihen osuneen valonmäärän suhdetta. Tavallisimmin määritetään, joko Bondin albedona A tai Geometrisena albedona ρ .
BIM	Lyhenne sanoista <i>Building information model</i> , jolla tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa ja 3D-muotoisena mallina.
CO _{2e}	Hiilidioksidiekvivalentilla tarkoitetaan erilaisten kasvihuonekaasujen ilmastoalämmittävää vaikutusta, joka muunnetaan hiilidioksidia vastaavalle tasolle.
Elinkaaren vaihe, moduuli	Standardin EN 15643-2 mukaan määritetty rakennuksen elinkaaren vaihe.
EN	Lyhenne sanoista <i>Europäische Norm</i> , jolla tarkoitetaan eurooppalaisen standardointijärjestön CENin laatimien standardien tunnistetta.
EPD (Ympäristöseloste)	Lyhenne sanoista <i>Environmental Product Declaration</i> , jolla tarkoitetaan standardien EN 15804 ja ISO 14025 mukaista tuotteiden elinkaariarviointia. Se kuvaa tuotteen ympäristövaikutuksia sen koko elinkaaren ajalta ja on puolueettoman kolmannen osapuolen verifioima.
GWP	<i>Global Warming Potential</i> . Termillä tarkoitetaan, kuinka paljon lämpöenergiaa tarkasteltava kasvihuonekaasu vangitsee ilmakehään tietyllä ajanjaksolla suhteessa hiilidioksidiin ja sitä ilmaistaan suhdelukuna.
Hiilibudjetti	Kuvaa ilmaston lämpenemisen rajoittamisen kannalta rajallista määrää ilmakehän hiilidioksidipäästöjä, jonka tarkasteltavalla ajanjaksolla voimme ilmakehään enää tuottaa.
Hiilijalanjälki	Tuotteen, materiaalin tai palvelun elinkaaren aikana muodostamien kasvihuonekaasujen summa.
Hiilikädenjälki	Tuotteen, materiaalin tai palvelun elinkaaren aikana muodostamien absoluuttisten ilmastollistenhyötyjen summa, joka ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenteina.

Hiilinielu	On käsite, jolla tarkoitetaan luonnollista hiilivarastoa, jonka koko kasvaa. Luonnollisia hiilinieluja ovat meret, kasvit ja muut organismit, jotka käyttävät fotosynteesiä. Prosessissa ne sitovat omaan biomassaansa hiiltä ilmakehässämme sijaitsevasta hiilidioksidista.
Hiilivarasto	Tarkoittaa materiaaliin tai tuotteeseen varastoitunutta ilmakehän hiiltä esim. puu, jonka kuivapainosta noin 50 % on ilmakehän hiiltä.
hum ² _{netto}	On rakennuksen pinta-alaa kuvaava yksikkö, jonka rajoina toimivat lämmittävää tilaa ympäröivien seinien sisäpinnat tai niiden ajatellut jatkeet.
ITO-tiedosto	Tarkoittaa Solibri Model Checker -ohjelmassa informaation talteen ottoa ja siihen tehtävää valmista tiedostoa, jonka avulla ohjelmankäyttäjän on mahdollista kerätä tietomallin sisältämää tietoa, lajitella, järjestellä, visualisoida ja lopulta raportoida tietoa ulos raporttien avulla.
Jyvitys	Tarkoittaa maa-alan tai huoneiston suhteellisen arvon määrittämistä verrattuna toisiin samanlaisiin arvoihin.
Karbonat-soituminen	Tarkoittaa ilmiötä, jossa betonin emäksisyyden muodostava kalsiumhydroksidi pyrkii neutraloitumaan kalkkikivestä sen polttamisen yhteydessä vapautuneen hiilidioksidin kanssa. Ilmiön lopullisena pyrkimyksenä on täten muuttaa kalsiumhydroksidi takaisin kalsiumkarbonaatiksi eli kalkkikivi.
Kulmakerroin	Kulmakerroin kuvaa suoran kaltevuutta ja sitä kuinka jyrkkä suora on. Matematiikassa sillä kuvataan y-koordinaatin ja x-koordinaatin muutosta kaksiulotteisessa koordinaatistossa.
kWp	Aurinkopaneelien huipputehon yksikkö (<i>kilowattipeak</i>). Tällä tarkoitetaan mitattua huipputehoa, joka järjestelmällä optimitilanteessa olisi mahdollista tuottaa.
LCA (Elinkaariarviointi)	Lyhenne sanoista <i>Life Cycle assessment</i> , joka perustuu standardiin ISO 14044 ja sen menetelmiin arvioida tuotteen tai palvelun elinkaaren ympäristövaikutuksia.
Mineraalijäte	Tarkoittaa jätteenluokitusta tilastolainsäädännön mukaisella standardiluokitusmenetelmällä (2004). Käyttötarkoituksena on Euroopan unionin sisällä käyttää jätteen tilastoinnissa yhtenäistä luokittelua. Luokittelu säädettiin komission asetuksessa <i>EWC-Stat Rev. 3 (EY 574/2004)</i> .

Pintakuvio Voidaan käyttää tarkoitettaessa matemaattista kaksi- tai kolmiulotteista pinta-alaa tai sen alaosaa ja sitä voidaan kuvata myös integraalina rajakäyrien funktiot tunnettaessa.

Talo 2000-nimikkeistö On Suomessa rakennusalalla käytettävä nimikkeistö ja yleinen rakennushankkeen tiedon erittelytapa.

Vähähiilinen Termillä tarkoitetaan tässä yhteydessä tuotteen, palvelun, yrityksen, toimialan tai valtion vähäisiä kasvihuonekaasupäästöjä.

1 JOHDANTO

” The only home that we’ve ever known” (Goodreads Inc, 2019). Kotimme on noin 4,7 miljardia vuotta sitten pääosin kivistä koostuva planeetta, joka kosmisessa mittakaavassa on vain pieni sininen piste avaruuden loputtomassa tyhjyydessä. Huolimatta tästä sille on vuosimiljardien saatossa muodostunut monimuotoisen elämän kehto. Vesi, happi sen atmosfäärissä, sopiva pintalämpötila ja sulan ytimen muodostama suojaava magneettikenttä ovat kaikki jo itsessään uskomattomia ominaisuuksia, mutta yhdellä ja samalla planeetalla ne ovat suorastaan ihme. Tämä kaikki ei kuitenkaan ole staattista, eikä muuttumatonta. Planeettamme olosuhteet ovat muuttuneet lukuisia kertoja sen historian saatossa. Luonnonkatastrofit mm. Asteroidit, komeetat, gamma- ja super-tulivuorten purkaukset sekä ilmastonmuutokset ovat aiheuttaneet useita sukupuuttoaaltoja, ja tehneet olosuhteet planeetallamme epäedullisiksi elämälle. Ehkä tunnetuin lajeja kohdannut sukupuuttoaalto on Liitukauden joukkosukupuutto. Se tapahtui noin 65,5 miljoonaa vuotta sitten suuren asteroidin iskeydyttyä Jukatanin niemimaalle. Tämä tuho aiheutti suurten lajien, kuten dinosaurusten sukupuuton. Planeettamme historiassa on samankaltaisia sukupuuttoaaltoja tapahtunut viisi kappaletta. Maa on selviytynyt voittajana näistä jokaisesta. Elämälle nämä kilpailut ovat tarjoilleet vain pistesijoja.

Tällä hetkellä planeetallamme on käynnissä sen kuudes sukupuuttoaalto. Se tunnetaan myös ilmastonmuutoksena. Erityisen tämän kertaisesta tekee se, että voimme nähdä itsemme sen tilaajana ja rakennuttajana. Historiaan peilaten on meidän onnemme, että vastaamme myös kohteen suunnittelusta.

Opinnäyteyöni käsitteleekin tietopohjaisesti ilmastonmuutosta ja sen tärkeimpiä käsitteitä. Nämä auttavat lukijaa ja työntilaaajaa työn keskeisimpien aiheiden ymmärtämisessä, ja ovat tärkeitä katsottaessa ilmastonmuutosta erityisesti toimialakohtaisesti rakennusalan silmin. Työn varsinainen osuus muodostuu tutustumisesta YM:n laatimaan hiilijalanjäljen arviointimenetelmään ja rakennuskohteeseen Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkotin suorittamaan laskentatyöhön, laskennan eri vaiheisiin ja pääkohtiin. Lopuksi suoritan omien arviointien perusteella vertailua eri rakenneosien ja ratkaisujen vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin ja vertailen tuloksia nollaE Oy:n aiemmin kohteesta laatimaan elinkaariarvioon hiilijalanjäljestä.

Tilaajana työssäni toimii Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. Yrityksenä he ovat ympäristöpolitiikassaan sitoutuneet vastuulliseen toimintaan, sen kehittämiseen sekä edistämään ympäristötyöllään omien ja asiakkaidensa ympäristötavoitteiden toteutumista. Yhdeksi yrityskohtaisista ympäristötavoitteistaan on Vahanen Suunnittelupalvelut Oy määritellytkin rakennesuunnittelijan materiaalivalinnat ja hiilijalanjäljen. Vahanen Suunnittelupalvelut Oy:lle haasteet lähivuosien kohdalla tulevat liittymään Suomeen kehitettävän hiilijalanjäljen arviointimenetelmän ja sen käytön omaksumisessa osana suunnittelu-työtä sekä projektienhallintaa. Työlläni onkin tavoitteena avustaa yritystä näiden haasteiden ennakoimisessa, mahdollisten ongelmakohtien löytämisessä ja ratkaisemisessa,

kehittää omaa ja työn tilaajan asiantuntijuutta rakennusten hiilijalanjäljen arvioimisessa sekä pohtia samalla hiilijalanjäljen arvioinnin nykytilaa ja tulevaisuutta.

2 ILMASTONMUUTOS

On planeettamme kuudes ja lähihistorian pahin sukupuuttoaalto. Se voidaan katsoa olevan seurausta ilmaston lämpenemisestä, jonka seurauksena:

- Useat eläin- ja eliölajit ovat vaarassa kuolla sukupuuttoon.
- Ympärivuotiset jääpeitteet ja ikeroutivat maa-alueet sulavat.
- Merivesien nousu ja niiden happamoituminen niihin varastoituvan hiilidioksidin seurauksena.
- Sään ääri-ilmiöt, rankkasateet, myrskyt ja kuivuudet yleistyvät sekä voimistuvat.
- Maapallon keskilämpötila nousee.

Ihmiskuntana olemme myös vaarassa, johtuen suorista- tai epäsuorista vaikutuksista, jotka em. seikat saavat aikaan. Tällaisia ovat puute ruoasta ja vedestä, köyhyyden ja maahanmuuton lisääntyminen.

Ihmisen aiheuttamista vaikutuksista ilmastoon ovatkin vuosien saatossa kiistelleet valtioiden päämiehet, poliitikot, tiedemiehet ja me tavalliset kansalaiset. Yhdessä olemme olleet laajalti erimieltä sen syistä ja seurauksista.

Tästä huolimatta aina teollisesta vallankumouksesta 1700- ja 1800-lukujen vaihteesta alkaen ja jatkuen aina nykypäivään saakka, ovat maapallon keskilämpötilat olleet tasaisessa nousussa. Luonnolliset vaihtelut lämpötiloissa eivät kuitenkaan ole täysin vieraita. Erityisesti pitkiä ajanjaksoja tarkasteltaessa ovat huomattavatkin muutokset maapallon keskilämpötiloissa olleet suhteellisen tavallisia. Nykyisen kaltaisia korkeita lämpötiloja ei kuitenkaan ole tavattu samanaikaisesti eri puolilla maailmaa koskaan aikaisemmin. Napa-alueilla kehitys on ollut vieläkin dramaattisempaa. Niillä lämpötilat ovat nousseet keskimäärin lähes kaksinkertaista vauhtia verrattuna muuhun osaan maapalloa. (Ilmasto- opas, 2017)

Osasy tähän skeptisyyteen on laajojen tutkimuksien ja niihin perustuvien tietojen tulokinnassa, joka ei aina ole täysin yksiselitteistä eikä helppoa. Se vaatii prosessien ymmärtämistä ja usein laajaa osaamista useilta eri tieteenaloilta. Ajatuksena se, että me vaikuttaisimme Maan kokoiseen taivaankappaleeseen, sen ilmastoon ja elin olosuhteisiin tuntuu usein lähes mahdottomalta ajatukselta. On kuitenkin hyvä muistaa sanonta:” The Devil is in the details” (The Phrase Finder, 2019).

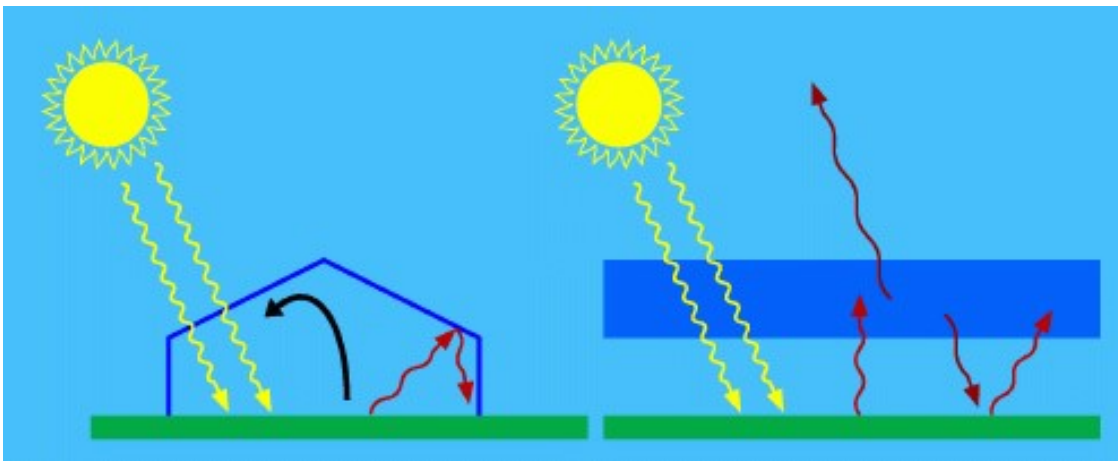
Nykyisten ilmastonmuutosta käsittelevien tietojen ja syiden tutkimisen voidaan katsoa alkaneen vuodesta 1824, jolloin ranskalainen matemaatikko Joseph Fourier tunnisti kasvihuoneilmiön olemassaolon. Tämän aiheen parissa työskentelivät useat tiedemiehet vuosikymmenien ajan. Vuonna 1859 irlantilainen fyysikko John Tyndall ryhtyi tutkimaan

aikaisempien tutkimusten pohjalta ilmakehän kaasujen säteilyomaisuuksia. Hän todistikin ensimmäisenä kokeellisesti, että Maan ilmakehä voi lämmittää sen pintaa, ja täten nostaa sen keskilämpötilaa. Tyndall julkaisi kokeensa tulokset ensimmäisen kerran vuonna 1861 maailman toiseksi vanhimmassa tiedejulkaisussa *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Kokeesta seurauksena olevan ilmiön määrittelemisestä vastasi vuonna 1896 ruotsalainen tiedemies Svante Arrhenius. Hän oli ensimmäinen, joka ennusti ilmaston lämpenevän, mikäli ihmiskunta jatkaisi ilmakehässä olevan hiilidioksidin määrän kasvattamista. (History, 2018)

3 KASVIHUONEILMIÖ

Aluksi pelkkä teoria, mutta nykyisen tiedon ja käsityksemme mukaan yksi ilmastomuutokseen keskeisesti vaikuttavista ilmiöistä. Sen kohdalla epävarmuutta luovat kuitenkin yhteisvaikutukset, jotka ovat vielä vaikeasti ennustettavissa ja ymmärrettyjä pitkällä aika välillä. Syitä tälle voidaan lähteä tarkastelemaan noin $1,496 \times 10^8$ km:n ja 8,3 minuutin matkan takaa Auringosta, ja siitä kuinka auringonvalo reagoi ilmakehän kasvihuonekaasujen kanssa.

Auringon valo on sähkömagneettista säteilyä. Auringon ollessa tähti se emittoi sähkömagneettisella spektrillä. Nämä fotonit saapuessaan Auringosta Maan ilmakehään reagoivat ilmakehän ja pilvien kanssa heijastuen takaisin avaruuteen, absorboituen niihin tai jatkaen matkaa aina maanpinnalle saakka. Kuvassa 1 on esitetty piirroksen avulla sähkömagneettisen säteilyn eri vaiheet sen matkalla auringosta Maan pinnalle.

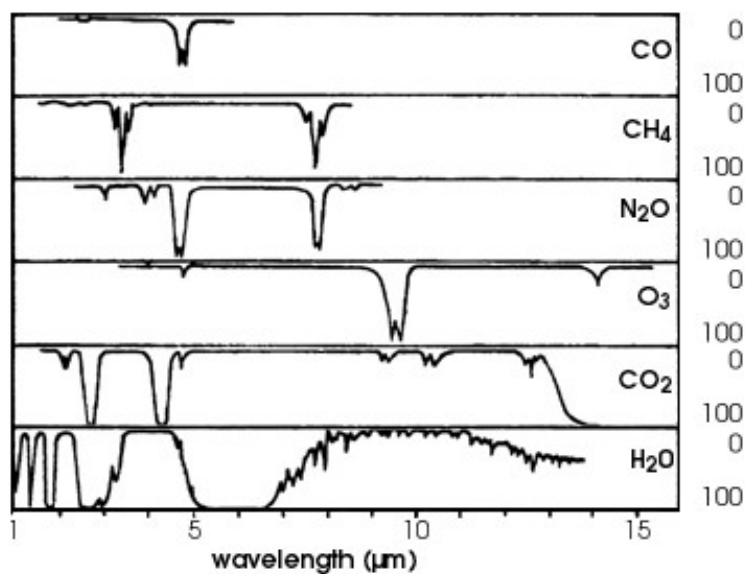


Kuva 1. Kasvihuoneilmiö (Astro.utu, n.d.a).

Maanpintaan osuessaan tämä säteily muuntuu infrapunasäteilyksi. Infrapunasäteily vuorostaan kimpoaa takaisin avaruuteen ja viilentää planeettaa tai absorboituessaan ilmakehän vesihöyryn, kasvihuonekaasujen kanssa jää lämmittämään planeettamme pintaa.

Huolimatta kasvihuoneilmiön haitallisista ominaisuuksista on se planeetalla eläville eliöille, kasveille, eläimille ja ihmisille täysin välttämätöntä. Ilman luonnollista kasvihuoneilmiötä Maan keskilämpötila olisi teoreettisen albedon mukaan noin 33 °C matalampi, kuin ilman sen vaikutusta. Tällöin planeetalta ei löytyisi vettä nestemäisenä tai vesihöyrynä.

Ilmiön haitallisia vaikutuksia ruokkivat kaikki sellaiset atomit ja molekyylit, jotka absorboivat infrapunasäteilyä. Tämänkaltaisia ovat kaikki tietyille aallonpituusalueelle osuvat atomit, molekyylit ja hiukkaset. Tarkemmin aineet, jotka tukkivat 8-12 µm alueen ns. infrapunaikkunasta. Kuvassa 2 on kuvattuna infrapunaikkuna, jonka Maan ilmakehän kaasut absorboivat elektromagneettisesta säteilystä tietyllä aallonpituudella.



Kuva 2. Taulukko prosenttiosuuksista, jotka Maan ilmakehän kaasut absorboivat elektromagneettisesta säteilystä tietyllä aallonpituudella (earthobservatory.nasa, n.d).

Näistä yleisimpiä ja työn kannalta ehkä relevanteimpia ovat vesihöyry, hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O), otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) sekä CFC-yhdisteet. (astro.utu, n.d.b) Näiden hyvin infrapunasäteilyä absorboivien, atomien, molekyylien ja hiukkasten nimityksenä on ilmastotieteessä totutumpi käyttää nimeä kasvihuonekaasut.

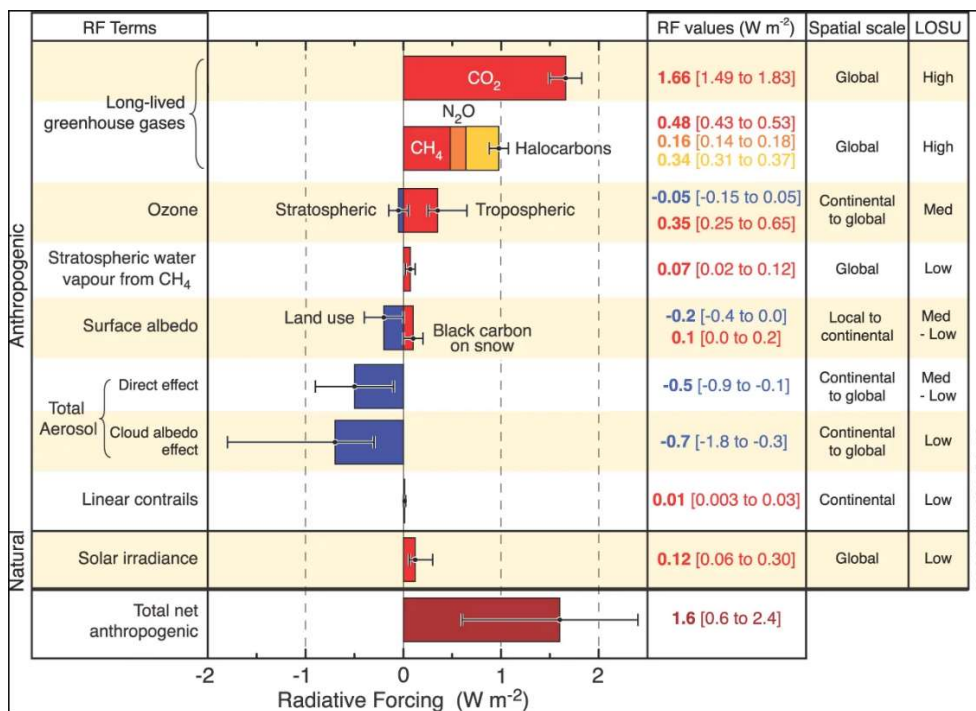
4 ILMASTOJÄRJESTELMÄ

Kasvihuonekaasujen tiedetään kunkin aiheuttavan ominaisuuksiensa mukaisesti, hie- man erilaisia vaikutuksia ilmastoomme. Erityisesti alimmissa ilmakehän kerroksissa ja kokonaisessa ilmastojärjestelmässä vaikutukset voivat olla pitkä- tai lyhytkestoisia, mer-

kityksellisiä tai merkityksettömiä. Kaasut myös vaikuttavat toisiinsa tavoilla, jotka saattavat olla hankalia ennustaa. Pienhiukkasia, joita muodostuu luonnollisten, ihmisen aiheuttamien kemiallisten sekä erimuotoisten palamisreaktioiden seurauksena Maan ilmakehässä. Niiden nettovaikutukset ilmastojärjestelmään ovat negatiivisia, eli täten ne viilentävät maanpintaa. Tätä useiden tekijöiden aiheuttamaa energiaepätasapainoa ilmastojärjestelmässä kuvataan säteilypakotteella.

4.1 Säteilypakote

Muodostuu ihmiskunnan aiheuttamista kasvihuonekaasuista ja niiden ilmastoa lämmittävää vaikutuksesta sekä tuotettujen pienhiukkasten jäähdyttävästä vaikutuksesta. Summaa ja sen vaikutusta mitataan säteilytehon määrällä neliometriä kohden (W/m^2). Tutkimuksien mukaan ihmiskunnan kokonaispakote on noin $1,6 W/m^2$. Tämä saadaan laskemalla yhteen hiilidioksidin (1), metaanin, typpioksiduulien, halogenisoitujen hiilivetyjen ym. (2), otsonin positiivinen ja negatiivinen vaikutus (3), pienhiukkasten suora (4) ja epäsuora vaikutus (5) ja auringonsäteilyn intensiteetissä tapahtuvien muutosten aiheuttama säteilypakote (6). Diagrammi kuvassa 3 esittää ilmakehän kasvihuonekaasujen säteilypakotteiden määriä.



Kuva 3. Tähänastiset ihmisen aiheuttamat ilmastojärjestelmän epätasapainoon johtavat säteilypakotteet diagrammilla esitettynä (ipcc.ch, n.d).

Epävarmuus tekijöistä ja tiedonlaadun luotettavuuksista huolimatta on tuloksista nähtävissä selvä yhteys hiilidioksidipäästöjen aiheuttaman säteilypakotteen ja ihmiskunnan kokonaissäteilypakotteen välillä. Tämän yhteyden vuoksi onkin luonnollista olettaa, että

paras tapa ilmastonlämpenemisen hillitsemisessä on pitkäikäisten kasvihuonekaasujen rajoittaminen ja vähentäminen.

4.2 Hiilibudjetti

Kaikki ilmastonlämpenemiseen vaikuttavat kasvihuonepäästöt ja niiden säteilypakotteet voidaan ajatella syövä yhtä ja samaa rajallista määrää kokonaisbudjetistamme ja kokonaispäästöistämme, jotka voimme ilmakehään tarkasteltavalla ajanjaksolla siirtää. Ajatuksena onkin, että päästöt 50 vuoden takaa syövät samaa budjettia 50 vuoden päästä 2070. Maapallolle globaalisti asetettuna budjetti on suhteellisen helppo määrittää. Tämänhetkisen tiedon mukaisesti hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n arviointiraportissa nro.5 on esitetty vuoden 2018 alusta jäljellä olevaksi määräksi vain noin 270 GtCO₂/ a. Tämä puolestaan tarkoittaisi maailmanlaajuisilla päästöillä 41 GtCO₂/ a, vain 7 vuoden aikarajaa päästöjen osalta. (Sitra, 2018)

Arvioissa on kuitenkin vielä suuria eroja, jotka kuvaavat edelleen aiheen monimutkaisuutta ja sen ennustettavuuden haasteellisuutta. Hiilidioksidin ollessa vain yksi monista ilmakehän kaasuista ei myöskään ole yhdentekevää keskittyä ainoastaan yhden kasvihuonekaasun vähentämiseen. Hiilidioksidin pidempiaikainen vaikutus ilmakehässä verrattuna muihin kasvihuonekaasuihin puoltaa niiden budjetoimista erilleen muista lyhytaikaisista kasvihuonekaasuista, kuten metaanista, typpioksiduuleista, halogenisoiduista hiilivedyistä. Menettelytapa poistaisi myös budjetin manipuloinnin mahdollisuuden valtioiden, yritysten ja yksityishenkilöiden kohdalta. (Sitra, 2018)

5 TORJUNTA- JA OHJAUSKEINOT

Yhdeksi tehokkaimmista torjuntakeinoista taistelussa ilmastonmuutosta vastaan on kansainvälisissä tutkimuksissa havaittu olevan hiilidioksidipäästöjen ja ihmisen toiminnan, yrityksen, organisaation tai tuotteen aiheuttaman kokonaissäteilyvaikutuksen vähentäminen. Tähän tullaan jatkossa velvoittamaan enenemissä määrin kansainvälisellä ilmastopolitiikalla, joista konkreettisimpana esimerkkinä on 2015 solmittu Pariisin ilmastopöytäkirja. Sopimus velvoittaa siihen sitoutuneita maita pyrkimään toimiin ilmaston lämpenemisen rajaamiseksi 1,5 asteeseen ja täten karsimaan rajusti kasvihuonekaasupäästöjään. Tämän kansainvälisen yhteistyön keskiössä toimii Euroopan unioni, jonka ilmastopolitiikka täten jäsenmaana ohjaa myös voimakkaasti Suomen lainsäädäntöä ja kansallista ilmastopolitiikkaa pienempään hiilijalanjälkeen.

5.1.1 Euroopan unioni

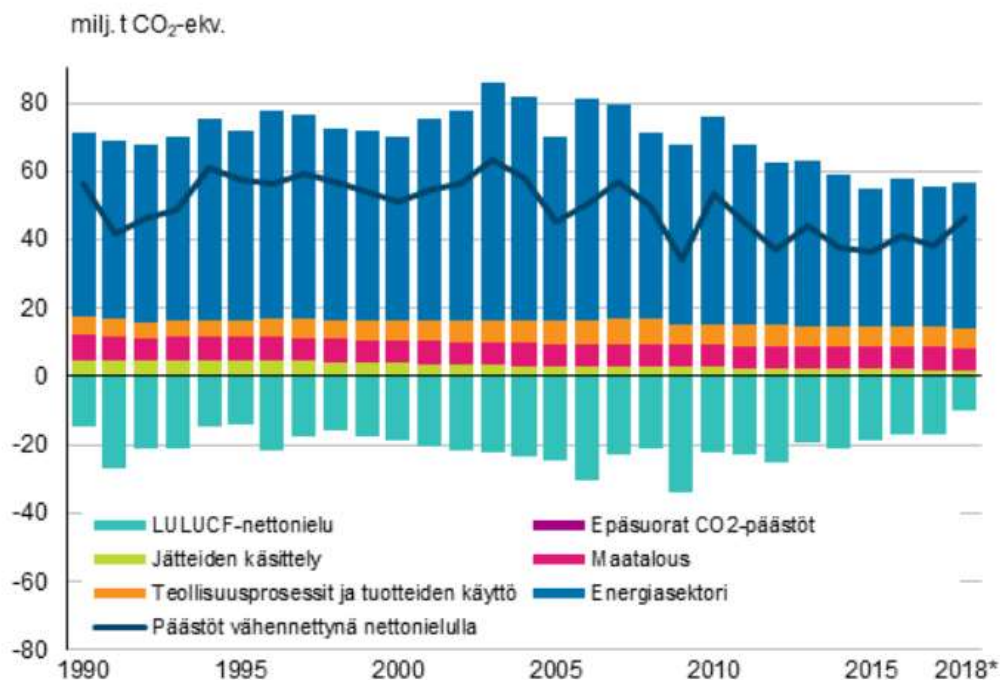
Euroopan unioni toimii Pariisin ilmastopöytäkirjan mukaisesti, jolloin sen kasvihuonekaasujen määrän olisi oltava vuoden 1990 tasosta -40 % vuonna 2030. Näistä päästökauppajärjestelmään (ETS) kuuluvien alojen kohdalla tämä tarkoittaa -43 % päästöjä ja taakanjakoasetuksen voimin esimerkiksi rakennusalan kohdalla päästötavoite on vuo-

den 2005 tasoon nähden -30 %. (European Union, 2016) Pidemmän aikavälin suunnitelmana Euroopan unionilla on olla johtavassa asemassa ilmastoneutraaliuden alalla ja tästä syystä ilmastoneutraaliuteen pyritään jo vuoteen 2050 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää toimia eri strategisilla aloilla kuten energiatehokkuudessa, uusiutuvien energialähteiden käytössä, puhtaassa, turvallisessa ja verkottuneessa liikkuvuudessa, kilpailukykyisessä teollisuudessa ja kiertotaloudessa, infrastruktuurissa ja yhteen liittämissä, biotaloudessa ja luonnollisissa hiilinieluissa, hiilidioksidin talteenotossa ja varastoinnissa. (eur-lex.europa.eu, 2018)

5.1.2 Kansalliset tavoitteet Suomessa

Suomi on toiminnallaan sitoutunut kansainvälisiin ilmastotavoitteisiin. Yhtenä suurimpana tavoitteenaan on maan hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Pidemmän aikavälin suunnitelmiin kuuluu 80 %:n vähennys kasvihuonekaasupäästöihin 1990 vertailutasosta, aina vuoteen 2050 mennessä. (Ilmastolaki 609/2015.) Tämä suuri muutos tuo vaikutuksia erityisesti rakentamiseen ja niiden suunnitteluun. Mikäli kuvassa 4 esitettyjen Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien osalta lasketaan yhteen teollisuuden - ja rakentamisen - sekä muun energian osuudet. Oli niiden osuus koko energiasektorin kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2018 noin 28 %. (Tilastokeskus, 2019)

Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat vuosina 1990-2018 (milj. tonnia CO₂-ekv.)



Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat vuosina 1990-2018 (Tilastokeskus, 2019).

Ympäristöministeriö aloittikin vuonna 2016 tähän tavoitteeseen tähtäävän vähähiilisen rakentamisen tiekartan kehitystyöt. Tämä on niin ikään käynnissä olevan maankäyttö-

ja rakennuslain kokonaisuudistuksen keskeinen osa, yhdessä rakentamisen elinkaarivai-
kutuksien arvioinnin kanssa. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 12)

Rakennusalalla on kohti vähähiilistä rakentamista edetty tähän asti säädösohjauksella
rakennusten energiatehokkuuden suhteen. Tämän ja uusiutuvan energiankäytön lisää-
minen ovat kuitenkin muuttaneet rakennusten päästökuormajakaumaa siten, että pääs-
töjen vähentämiseksi on alettava katsoa muita rakennuksen elinkaaren aikaisia vaiheita
ja niistä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Useiden tutkimusten mukaan rakennus-
materiaalit ovat muodostuneet merkittäväksi tekijäksi arvioitaessa elinkaaren aikaisia
kasvihuonekaasupäästöjä. VTT:n (VTT, 2018, s. 7) mukaan suurin osa rakennusten koko
elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin johtavista valinnoista tehdään rakennuspaikan,
suunnittelun, tuotteiden valinnan ja - ylläpidon, rakentamisen -ja huollon toteutuksen,
materiaalien käytössä, - loppusijoituksessa ja - kierrätyksessä käyttöiän päätyttyä. Pääs-
tövähennyspotentiaali painottuukin tällöin rakennusten elinkaaren alkupäähän (Bi-
onova, 2017, s. 8) ja olisi täten oikeanlaisella suunnittelulla ja materiaalivalinnoilla saavu-
tettavissa.

Vähähiiliseen rakentamiseen kaavailtu siirtymä on kolmivaiheinen ja sen on tarkoitus
olla käytössä rakentamishajauksessa vuoteen 2025 mennessä. Tällöin käytössä olisi-
vat mahdolliset raja-arvot ns. hiilibudjetit, joita edeltäisivät ilmoitusvelvollisuus ja raken-
nuskannan kytkentä vähähiilisyyden ohjaukseen vaiheittain. Myös rakennuskannan
päästötietojen seuranta on alustavassa suunnitelmassa ja sen kolmannessa vaiheessa
mukana.

6 RAKENNUSTEN HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTITYÖKALU

”Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi on tulossa osaksi suomalaisia rakennusmääräyksiä
2020-luvulla” (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 58). Tästä syystä on oleellista kehittää sitä
varten kansallinen menetelmä, jota suunnittelijat ja konsultit pystyisivät jatkossa käyt-
tämään. Työssäni käytetty arviointityökalu ja -menetelmä, perustuu Euroopan komis-
sion laatimaan Level(s)-menetelmään. Tälle puolestaan luovat pohjan erilaiset tutkimuk-
set mm. VTT ja standardit EN 15643-sarja, EN 15978 ja EN 15804. Arviointityökalun tuot-
tamisesta ovat vastanneet Ympäristöministeriö ja Green Building Council Finland.

Menetelmässä arvioidaan rakennuksen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä, niiden
aiheuttaman hiilijalan- ja hiilikädenjäljen avulla sen koko elinkaarenaikana. Laskennan
yhteenveto eri moduuleista tuottaa ensin rakennuksen hiilijalanjäljen hiilidioksidiekvi-
valenttien painona jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettopinta-alalla ja arviointijak-
son pituudella. Yksikkö on tällöin $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$ ja tulos on postiviinen kokonaisluku.

Hiilikädenjälki rakennuksen koko elinkaarelle muodostetaan laskemalla yhteen elope-
räiset hiilivarastot, hiilinielut, materiaalien uudelleenkäytön, - kierrätyksen ja - energi-
anhyödyntämisen avulla vältetyt kasvihuonepäästöt. Tulos ilmoitetaan negatiivisena ko-
konaislukuna ja edellä mainittuna yksikkönä $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$.

Arvioinnissa käsitellään seuraavat rakennuksen elinkaarenvaiheet: tuotevaihe (A1-3), rakentaminen (A4-5), käyttövaihe (B) ja elinkaarenloppu (C) sekä mahdolliset rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat (D).

6.1 Ennen käyttöä, A1-5

Ensimmäisessä moduulissa arvioidaan rakennuksen osat. Tässä vaiheessa arviointityökäulun kehitystyötä ovat arvioinnissa mukana Talo 2000-nimikkeistön mukaisesti tontille sijoitettavat maanosat, tuennat ja vahvistukset, päällysteet ja aluerakenteet. Kantavista rakenteista arvioidaan perustukset, alapohjat, runko, julkisivut, ovet ja ikkunat, ulkotasot ja kattorakenteet. Täydentäviä rakenteita ovat väliseinät ja -ovet, portaat, pintarakenteet tyypilliset kiintokalusteet, hormit, tulisijat ja tilaelementit. LVIS-tekniikka järjestelmiseen kuuluu myös mukaan arviointiin. Siihen sisältyvät lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmastointi-, jäähdytys- ja sähköjärjestelmät sekä sprinklerit ja hissit. Lopuksi arvioidaan vielä työmaalla kulutetun energian ja syntyvän ylijäämään (hukan) määrä. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 18)

Tässä arvioinnissa ulkopuolelle jätetään tontille tai rakennukseen sijoitettavat kasvit, ilmastovaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöön, rakentamisessa käytettävät väliaikaiset tuennat, telineet, suojaukset ja työmaatilat. Lisäksi tontilla tapahtuvat maaperän kunnostustyöt ja purettavat rakenteet ja rakennukset, jätetään arvioinnin ulkopuolelle. Arvioidaan ns. työmaalle tulevaa materiaalivirtaa, ei sieltä poistettavaa.

Arvioinnissa hiilijalanjäljen arvioimiseksi rakennusosalle käytetään valmiiksi arviointimenetelmään laadittua materiaalikirjastoa, jonka tiedot perustuvat VTT:n kokoamiin tuloksiin ja tietoihin. Laskennassa voidaan myös hyödyntää EPD:n mukaisia tarkempia tietoja tuotteen päästöistä ja lisätä nämä mukaan arviointiin käyttämällä korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla painiketta. Valmiit taulukkoarvot koskevat arvioinnissa talotekniikkaa ja sen järjestelmiä. Tiedot ovat määritettyjä lämmitettyä huonealaa kohti, ja ne voidaan tarvittaessa muuttaa kerrosalakohtaisiksi jakamalla ne luvulla 1,18. Massa- ja määrätiedot pohjautuvat VTT:n tekemään aikaisempaan selvitykseen ja taustaraporttiin vuonna 2013.

6.2 Käytön aikana, B3-4, B6

Rakennuksen käytön aikana huomioidaan vaihdettavien rakennustuotteiden määrä ja siihen käytetty ostoenergian määrä. Huomioon otetaan kaikki tuotteet, joiden tekninen käyttöikä on rakennuksen tavoitekäyttöikä lyhyempi. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 22) Lisäksi huomioidaan käytönaikana kulutettavasta kokonaisenergiankäytöstä (ostoenergiankulutus) syntyvät kasvihuonekaasupäästöt.

Ostoenergiankulutus lasketaan uudenrakennuksen energiantehokkuudesta annetun asetuksen mukaisesti. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 31) Nämä tiedot ostoenergian tarpeesta perustuvat energiatodistukseen tai muihin vastaaviin laskelmiin. Energiamuotojen päästökertoimet muodostavat käytetyn energian hiilijalanjäljen. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusten takia on huomioitava, että näissä kertoimissa oletetaan Suo-

men energiapäästöjen etenevän tulevaisuudessa vähäpäästöisempään suuntaan. Tarkemmat määritykset energiamuotojen päästökertoimille löytyvät Ympäristöministeriön julkaisusta 2019:22. (Ympäristöministeriö, 2019.a)

Materiaalien kohdalla niiden oletetaan olevan vaihdettaessa aina uusia ja oletettu rakentamisen ja toteuttamisen tapa on täysin edeltävän kaltainen. Laajamittaisia korjaustoimenpiteitä ei tässä arvioinnissa huomioida.

Tuotteiden vaihtoväli lasketaan kuvassa 5 esitetyllä tavalla rakennuksen tavoitekäyttöikä ja tuotteen suunnitellun käyttöikä osamääränä vähennettynä kokonaisluvulla yksi.

Kaava 1. Tuotteiden vaihtovälin laskenta

$$\text{Vaihtoväli} = \left[\left(\frac{\text{Rakennuksen tavoitekäyttöikä vuosina}}{\text{Tuotteen suunnittelukäyttöikä vuosina}} \right) - 1 \right]$$

Kuva 5. Ohjeistus tuotteiden vaihtovälin laskentaan (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 22).

Tästä laskennasta saatu arvo pyöristetään kokonaisluvuksi normaalin lasku- ja pyöristyssäännön mukaisesti ja saadun kokonaisluvun sekä alkuperäisen hiilidioksidiekvivalentti kilogramma määrän tulo kuvaa arvioinnissa tuotteiden vaihdon aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä rakennuksen, sen tuotteiden ja materiaalien koko elinkaaren aikana.

6.3 Käytön jälkeen, C1-4

Käytön jälkeen voidaan arvioida jätteenkäsittelyn ja loppusijoituksen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Kuvassa 6 on esitetty elinkaaren eri vaiheiden päästöjen taulukkoarvoja, joita arvioinnissa on käytössä oletusarvoina.

Tyypilliset päästöt (kgCO ₂ e/m ²)		
A1-3 Valmistus		(lasketaan aina hankekohtaisin tiedoin)
A4 Kuljetus työmaalle	10,20	Keskimääräinen kuljetusetäisyys Suomessa
A5 Uudisrakennustyömaan toiminnot	27,30	Työmaan energian ja polttonesteiden kulutus
B3-4 Korjausten energiankulutus ¹²	2,16	Materiaalien valmistus arvioitava erikseen
B6 Energian käyttö		(lasketaan aina hankekohtaisin tiedoin)
C1 Purkutyömaan toiminnot	7,80	Työmaan energian ja polttonesteiden kulutus
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn	10,20	Keskimääräinen kuljetusetäisyys Suomessa
C3-4 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus	15,60	
Yhteensä	73,26	kgCO₂e/m²

Kuva 6. Elinkaarenvaiheiden päästöjen taulukkoarvoja (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 47).

Nämä taulukkoarvot pohjautuvat aikaisempiin Suomessa tehtyihin hiilijalanjälki arviointeihin ja niiden keskiarvoihin, joihin on lisätty 20 %:n epävarmuuskerroin. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 47)

6.4 Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset, D

Mikäli rakennustuotteet ja –materiaalit kelpaavat elinkaariarvioinnin osalta uudelleenkäyttöön, materiaalikiertäykseen tai energiaksi hyödynnettäväksi. Tämä tarkoittaa niiden poistumista arviointikohteen systeemirajojen ulkopuolelle ja ne kohdennetaan arvioinnissa kohtaan D. (Ympäristöministeriö, 2019.a, s 50)

Tämänkaltaisten vaikutuksien ei oleteta kuitenkaan vaikuttavan lopulliseen hiilijalanjälkeen sitä alentavasti, vaan muodostavat yhdessä muiden hiilinielujen kanssa rakennuksen lopullisen elinkaarenaikaisen hiilikädenjäljen.

7 HYVINVOINTIKAMPUKSEN PÄIVÄKOTI

Opinnäytetyössäni arvioinnissa käytettävä kohde on Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkotikoti. Rakennus sijoittuu Järvenpään sosiaali- ja terveyskeskuksen ympärille. Kuvissa 7 ja - 8 ovat näkymät rakennuksen etelänpuoleisesta ilmansuunnasta sekä leikkipiha suunnasta katsottaessa.



Kuva 7. Ulkokuva etelään (Raami Arkkitehdit Oy, 2019).



Kuva 8. Ulkokuva, leikkipiha (Raami Arkkitehdit Oy, 2019).

Hyvinvointikampuksessa yhdistyvät esteetön asuminen ja hyvinvointipalvelut. Kampukselle rakennetaan ympärivuorokautinen päiväkoti, jossa on 8:n lapsiryhmää ja yksi kohtaamispaikka, joka palvelee mm. pienlapsiperheitä. Sen on tarkoitus olla käytössä 1/2021.

Kohteen suunnittelusta vastaavat seuraavasti:

- Pää- ja arkkitehtisuunnittelu, Raami Arkkitehdit Oy
- Rakennesuunnittelu, Vahanen Suunnittelupalvelut Oy
- LVIS-suunnittelu, Rejlers Finland Oy
- Automaatiosuunnittelu, GHS Group Oy
- Geotekninen suunnittelu, Geopalvelu Oy
- Palosuunnittelu, Vahanen Suunnittelupalvelut Oy
- Maalämpökenttä, Konsulttitoimisto Enersys Oy

Rakennus on kaikkiaan 3-kerroksinen päiväkotirakennus. Rakennuksen kantavana pystyrunkona toimivat ulkoseinien sisäkuoren ja väliseinien betonielementtirakenteet. Kantava vaakarakenne koostuu ontelolaatta- ja teräsluottopalkkeista. Alapohja on maanvarainen paikallavalettu betonilaatta, jonka alapinnassa on lämmöneristys. Yläpohjan kantava vaakarakenne koostuu pääosin ontelolaatoista, joiden päällä oleva vesikattorakenne muodostuu puhallusvuorivilla eristyksestä sekä puisen vesikattorakenteen päälle asennettavasta kermi-vedeneristyksestä. Anturat ovat tiivistetyn murskekerroksen

päälle valettuja betonisia nauha- ja pilarianturoita. Sokkelit ovat betonielementtejä. Julkisivut koostuvat pääosin betonipintaisista sandwich-elementeistä ja julkisivulevytyksistä Cembrit-kuitusementtilevyin. Lisäksi koristeina ja arkkitehtuurisina tunnuspiirteinä, sekä osana rakennuksen julkisivua ovat reikäteräslevystä tehdyt verhoukset, joita löytyy luhtikäytävän ja -parvekkeen, pihakatosten ja rakennuksien seinäkkeiden sekä nikyiltin yhteydestä.

LVIS-tekniikan osalta kohteen lämmöntuotantojärjestelmänä tulee toimimaan maalämpö ja maalämpökaivot, joilla tiloja voidaan myös tarvittaessa viilentää. Pääasiallinen lämmitystapa huoneissa ja tiloissa on lattialämmitys monikerrosmuoviputkin sekä tiloihin, joihin lämmitysteho ei muutoin olisi riittävää asennettavat erilliset vesikiertoiset radiaattorilämmittimet. Käyttövesi-, viemäri-, lämmitys- ja jäähdytysputkien sekä laitteiden kohdalla käytetään yleisesti muovi-, teräs-, kupari- ja komposiittiputkia. Ilmanvaihtojärjestelmä koostuu sinkitystä teräslevystä valmistetuista kanavista, jonka ilmanvaihtolaitteina toimivat huonekohtaiset tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet lämmöntalteenotolla ja tuloilman viilennyksellä.

Rakennuksen sähkö- ja telejärjestelmien rakentaminen toteutetaan normaaleja asennustapoja ja menetelmiä käyttäen. Asennuksissa noudatetaan sähköturvallisuutta koskevia sekä Suomessa voimassa olevia lakeja, määräyksiä ja ohjeita kuten kohteen järjestelmäkuvaus. (Rejlers Finland Oy, 2019.a) Sähkön paikalliseen tuotantoon asennetaan kohteeseen 15 kWp aurinkopaneelijärjestelmä. Automaatio toteutetaan LVIS-järjestelmien valvontana uudella hajautetulla säätö- ja valvontajärjestelmällä. Etävalvonta toteutetaan järjestelmäselostuksen mukaisena. (GHS Group Oy, 2019) Paloluokaltaan rakennus on P1-luokkaa ja suojaustasona toimii tarvittava alkusammutuskalusto ja automaattinen paloilmoitinjärjestelmä. Palotekninen suunnittelu toteutetaan paloteknisten rakennus- ja rakennetyypeille ominaisten määräysten ja suunnitteluratkaisujen mukaisesti sekä paikallisen paloviranomaisen ohjeiden ja lausuntojen pohjalta.

Seuraavassa lyhyt listaus rakennushankkeen laajuutta kuvaavista tiedoista:

– Tontin pinta-ala	4 232 m ²
– Rakennusoikeus	2 500 m ² + te 5%
– Kerrosalat:	
– Päiväkotirakennus	2 206 m ²
– Varastot (2 kpl)	50,5 m ²
– Yhteensä	2 256,5 m ²
– Bruttoala päiväkotirakennus	2 401 m ²
– Lämmitetty nettoala	2 258 m ²
– Huoneistoala päiväkotirakennus	2 071 m ²
– Tilavuudet:	
– Päiväkoti	10 279 m ³
– 2 x ulkovarasto	141 m ³
– Yhteensä	10 420 m ³

– Väestönsuojan pinta-ala	139 m ²
– IV-konehuoneen pinta-ala	149 m ²

8 MASSA- JA MÄÄRÄLASKENTATIEDOT

Ennen varsinaista rakennuksen hiilijalanjäljen arviointia, on sitä varten laadittava massa- ja määrälaskentaluettelo arvioitavista rakenneosista. Tämä prosessi alkaa useista eri lähteistä saatujen tietojen läpikäymisellä ja arvioinnilla. Kohteen laajuus ja suunnittelun valmiusaste, tarkoittivat suurta määrää erilaisia suunnitelmia ja tietoja. Näiden soveltuminen hiilijalanjäljen arviointiin oli arvioitava jokaisen kohdalla erikseen.

Alun muodostivat rakennuttajan Mestaritoiminta Oy:n kautta vastaanotetut ja Areite Oy:n laatimat määrälaskentatiedot. Nämä tiedot olivat kuitenkin laadittuja aikataulutarcoitukseen ja eivätkä ne sen vuoksi olleet täysin optimaalisia hiilijalanjäljen arviointia varten. Kuvassa 9 on nähtävissä myös listauksen ongelmallisuus siinä käytetyn litteroinnin osalta.

2280	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, VEDENERISTYS	
228140	Sokkelin vesieristys, 2x BTL2, KS01 KS02	359 m2
228141	Sokkelin vesieristeen yläreunan mekaaninen kiinnitys	72 jm
228145	Sokkelielementin AR AS ulkopuolinen patolevy tai kermi ...	89 m2
228146	...RAK yleisleikkauksia	
25	VÄESTÖNSUOJARAKENTEET	
2541	VÄESTÖNSUOJAN MUURAUS	
254101	Vss:n varauoskäytävän päähän harkkomuuraus, 1 m2	1 kpl
2550	VÄESTÖNSUOJAN ELEMENTTITYÖ	
2551	ELEMENTTIRAKENTEINEN VÄESTÖNSUOJA	
255102	S1-luokan väestönsuoja, suojapinta-ala 143 m2	
255110	Seinäelementtien hankinta hl=300 mm, bruttoala 22 m2	19 m2
255112	Seinäelementtien hankinta hl=350 mm, bruttoala 148 m2	145 m2
255114	Väliseinäelementtien hankinta hl=200 mm, bruttoala 55 m2	49 m2
255116	Massiivilaattaelementtien hankinta hl=400 mm	162 m2
255118	Pakokuiluelementtien hankinta, pakokuilun pituus 3,5 + 4 jm	1 erä
255130	LISÄHINTA, suojaovi 1200 x 2100 mm	2 kpl
255132	LISÄHINTA, sulkuluukku 620 x 800 mm	1 kpl
255136	LISÄHINTA, LVIS -läpiviennit	1 erä
255140	Elementtien asennus ja asennustarvikkeet	1 erä
255142	Elementtien sauma- ja jälkivalubetoni	1 erä
255146	Elementtien kuljetus	1 erä
255160	Paikallavalettu alapohja hl=150 mm, betonointi	24 m3

Kuva 9. Otos määrälaskentaluettelosta aikataululaskentaa varten (Areite Oy, 2019).

Hiilijalanjälkeä varten ja Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti määrä- ja massaluettelon olisi oltava Talo 2000-nimikkeistön mukainen, jotta sen jatkokäyttö arvioinnissa olisi sujuvaa tai ylipäänsä mahdollista. Areite Oy:n määrälaskentaluettelo muokkaamalla kevennettyyn muotoon, olisivat tällöin listattuna ainoastaan määrät relevantteimmille rakenneosille ja materiaaleille. Tämä muodostikin kokonaisuuden, joka oli ainoastaan noin 10 % alkuperäisestä 30 sivun mittaisesta määräluettelosta. Litterointimuuntaminen perustuen Ympäristöministeriön laatimaan rajaukseen rakenneosista ja Talo 2000-nimikkeistöstä tapahtui sekin pääsääntöisesti ainoastaan poistamalla ensin kaikki ns. työlitterat sekä litterat, joilla ei ole selkeää massaa ja täten hiilijalanjälkeä ja muuntamalla littera vastaamaan samankaltaista litteraa Talo 2000-nimikkeistössä.

Pian oli kuitenkin selvää, että yksin tämä tietomäärä ei tulisi riittämään. Loput tiedoista arviointia varten olisikin määritettävä muilla menetelmillä ja tavoilla sekä mahdollisuuksien mukaan tarkennettava. Ainoastaan tällä tavoin laskenta saadaan suoritettua hyväksyttävästi loppuun kaikkien merkityksellisten osa-alueiden ja rakenteiden kohdalla. Erityisesti rakennesuunnittelun kannalta oleellisin puute Areite Oy:n laskelmissa oli sittemmin valmistuneiden tarkkojen RAK-detaljien huomioimattomuus.

8.1 Tekla Structures -RAK-tietomalli

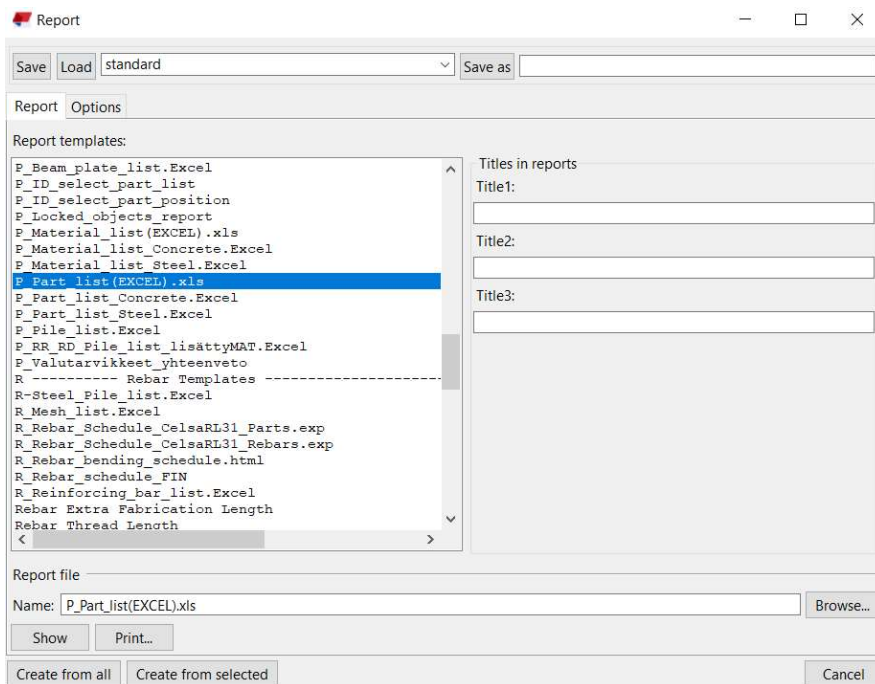
Kohteesta laaditun RAK-tietomallin avulla olisi hyvä tapa kerätä loppuja puuttuvista tiedoista ja täydentää supistettua Areite Oy:n listaa. Tekla Structure -ohjelmalla työ alkoi jakamalla tietomalli kerroksiin. Kohteen tietomallissa ei tähän ollut täysin soveltuvaa kerrosjakoa, jolloin kerrosjako oli toteutettava mahdollisimman yksinkertaisesti käyttäen New View-toimintoa kolmen pisteen avulla. Tämä mahdollisti kerrosjaon tekemisen juuri haluttuun kohtaan tietomallia. Toinen toiminto oli näkymän syvyyden määrittäminen, että se suodattaa näkymästä pois siihen ei haluttuja alueita ja rakenteita niiden korkeusaseman mukaan. Object Group- View Filter on avuksi, mikäli mallista halutaan näkyviin ainoastaan tietyt ominaisuudet omaavia rakennetyyppejä ja -osia.

Oli kuitenkin haasteellista toteuttaa suodatus täysin ongelmitta ja tarkasti, sillä useilla rakenteilla ja komponenteilla oli kaikista huolimatta samat ominaisuudet keskenään, vaikka rakenteilla ei olisikaan hiilijalanjäljen kannalta mitään yhteistä. Kuvassa 10 nähdään erilaisia ominaisuuksia, joilla rakenneosia on mahdollista erotella toisistaan.

The image displays two screenshots of the 'Concrete Panel Properties' dialog box. The top screenshot shows the 'Attributes' tab with the following fields: Name (ULKOKUORI), Profile (845*70), Material (C30/37), Finish, Class (223), and User-defined attributes. The bottom screenshot shows the 'Bending' tab with the following fields: Numbering series (Prefix AS, Start number 1), Cast unit type (Precast), and Pour phase (0).

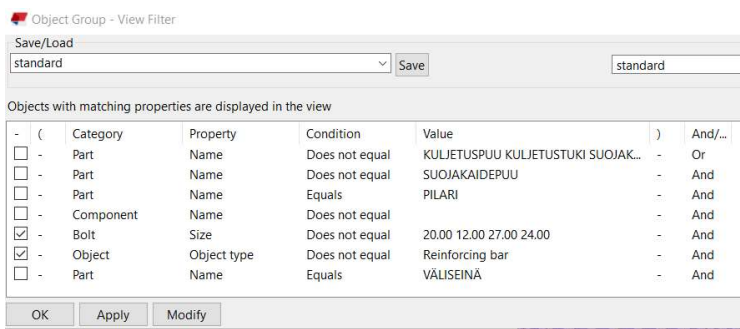
Kuva 10. Tekla-tietomalli ja siinä sijaitsevan betonipaneelin ominaisuuksia esittelevä välilehti.

Muokkausta välttämättä olisikin rakenteiden ja rakenneosien välille muodostettava listaukset sen mukaisena, kun ne raporttien tekohetkellä ovat. Pienet epä johdonmukaisuudet ovat tästäkin huolimatta aina mahdollisia, joten niiden kompensointi onkin avainasemassa ja mahdollisesti tarpeen, myöhempien laskelmien aikana tai niiden avulla. Kuvassa 11 on raportti/ *Report* toiminto ja välilehti, jolla materiaaleista ja rakenneosista voidaan tietomallista koostaa valmiin mallipohjan omaavia Excel-listoja. Part_list (EXCEL). xls soveltui näistä mallilistoista parhaiten käyttötarkoitukseen. Muut listojen mallipohjista eivät toimineet lainkaan, tai niiden lopputulokset olivat yksinkertaisesti sekavia ja vaikeaselkoisia. Näiden tulkintaan olisikin tarvittu lukuisia muokkauksia ja uudelleen järjestelyjä, jolloin niiden muokkaukseen tarvittava aika taas olisi kasvanut kohtuuttoman suureksi.



Kuva 11. Tekla-tietomalli ja siinä sijaitsevan Report toiminnon välilehti.

Teräsosat olisi myös suodattamalla saatava erilleen betonirakenteista, sillä hiilijalanjälkeä laskettaessa niiden osuus lasketaan hiilidioksidiekvivalentteina kummallekin materiaalille erikseen. Kuvassa 12 näkyy objektin tyyppin avulla raudoitusten suodatus tietomallista. Objektille valitaan tilaksi ei sisälly ja arvoksi raudoitustanko.



Kuva 12. Tekla-tietomalli ja siinä sijaitsevan Object Group- View Filter välilehti.

Erityyppisistä rakenneosista muodostetaan listat Part list-listauksella, jonka jälkeen listat kootaan yhteen. Tämän 30:n sivun tietomäärän jako huolellisesti osiin ja nimeäminen tunnistettavasti, oli avainasemassa tiedon löytämiselle ja sen jatkokäytölle työssä.

Massojen kohdalla Tekla Structures laskee massat osalle tai kappaleelle ennalta määritettyjen materiaalihiheksien tulona ohjelman määrittelemän kappaleen vaipanpinta-

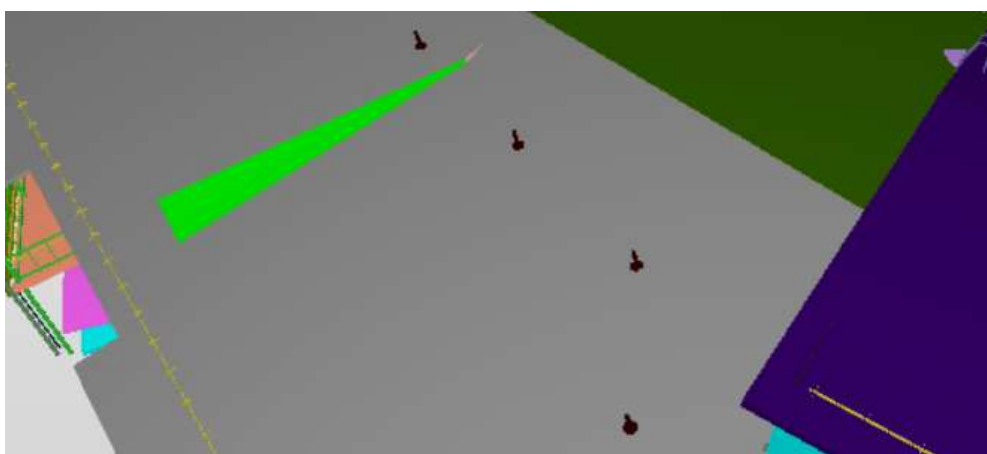
alan suhteen. Kokonaismassojen arvioinnissa tämä on hankalatapa massojen määrittämiseksi, sillä niiden tarkistamiseksi olisi myöhemmin tiedettävä tarkasti se poikkileikkauksen keskiarvo, jolle massa lasketaan. Erityisesti monimuotoisten osien ja kappaleiden kohdalla tämä tarkoittaa usein sitä, että todellinen kappaleen poikkileikkaus on erisuuri sen poikkileikkauksen kanssa mitä ohjelman muodostamassa kappaleen vaipepinta-alassa ja laskennassa tullaan käyttämään. Tämän mahdollisen virheen minimoimiseksi on laskennassa pyrittävä käyttämään Part list-tuloksia ainoastaan muuttomattomina arvoina.

Liitteessä 2 olevilla laskelmilla, ja määritetyillä likiarvoilla mahdollistetaan tarvittavien arvojen laskeminen Part list-tuloksien ulkopuolelta. Mahdollisen virheen suuruus täytyisikin tämän vuoksi huomioida laskennan aikana ja minimoida muilla menetelmillä sekä laskijan omia ratkaisukeinoja apuna käyttäen.

8.2 Solibri Model Checker -yhdistelmämalli

RAK-tietomallin tietojen kohdalla on huomioitava se, että suuri osa siinä olevista tiedoista kuten tiedot LVIS-tekniikasta, tilavarusteista ja muista rakenneosista on saatavilla ainoastaan referenssi objektina (*EN. Reference Object*). Tämä tarkoittaa, että tieto on ainoastaan mallissa graafisesti eikä sen listaus määrien tai massojen osalta ole mahdollista. Tekla Structuresin avulla listattujen rakenneosien kokonaismassa oli kaiken kaikkiaan $\sim 2,8 \times 10^6$ kg suuruinen. Suurimpien puutteiden ollessa yksittäisten rakenneosien kohdalla vesikatto ja räystäsrakenteet, sementtilevyverhoillut ulkoseinät, betonipinta-valut alapohjasta ja - välipohjista ja kevyet levyväliseinät. Sisäpuolisista rakenneosien puutteista olivat merkittävimpana käytävillä sijaitsevat kipsi- ja lasilevystä valmistetut kaiteet. Näiden tietojen arvioimiseksi olisi tarkasteltava jatkossa yhdistelmämallia, josta olisikin määrä löytyä kaikki projektin suunnitteluosat -ja alueet yhdessä tietomallissa.

Jo alkumetreillä oli selvää, että Solibri Model Checker -yhdistelmämalli ei ole tarkkuudeltaan samaa tasoa kuin Tekla Structures -RAK-tietomalli. Pinta-aloissa on usein paljon epä johdonmukaisuuksia ja virheitä. Esimerkki tällaisesta on nähtävissä kuvassa 13.



Kuva 13. Solibri Model Checker -yhdistelmämalli ja siinä sijaitseva alue rakennuksen vesikatolla.

Mallissa on nähtävissä vihreällä osalla vesikatosta työntyvä kolmion muotoinen osa, joka tässä tapauksessa on osa yläpohjan palo-osastoivia EI15-rakenteita. Jokaisen osan kohdalla on tarkka virheen aiheuttama vaikutus tietenkin hyvin erilainen ja erisuuruinen, mutta suuressa kohteessa nämä kasaantuvat erityisesti hiilijalanjälkeä arvioitaessa suu-riksi määräksi ylimääräisiä massoja ja lopulta hiilidioksidiekvivalentti kilogrammoja.

Itse määrälaskentaa varten on Solibri Model Checker suhteellisen yksinkertainen ja sujuva ohjelma. Tietojenkeruu on pääosin valmiiden toimintojen käyttöä ja nopeaa. Aluksi määritellään tiedonkeruun rooli ja informaation talteenotto tapa. Informaation talteenotolla on lisäksi ominaisuudet, joiden avulla se voidaan muokata haluamukseen ja kulloinkin tarpeisiin parhaiten sopivaksi.

Laskentaan parhaiten vastaava rooli oli tässä tapauksessa määrälaskenta ja valmiiden ito-tiedostojen joukosta rakennemallin määrät. Seuraavaksi mallista valitaan tarvittavat osat valintakoriin ja aloitetaan mallin tarkastukset virheiden ja muiden ongelmien varalta. Luokittelun osalta Solibri Model Checker käyttää jo valmiiksi Talo 2000-nimikkeistöä, joka on myös hiilijalanjäljen arvioinnin taustalla. Tarkistusten jälkeen ohjelma esittää tarvittavia toimenpiteitä virheiden korjaamiseksi ja ratkaisemiseksi. Virheet on mahdollista myös kuitata, jolloin laskennan voi virheistä huolimatta suorittaa loppuun.

Laskelman suoritettuaan ohjelma esittää kerätyt tulokset ikkunan alareunassa kuvassa 14 olevassa sarakkeessa informaation talteenotto.

INFORMAATION TALTEENOTTO					
Rakennusosa	Tyyppi	Pinta-ala (netto)	Pituus	Tilavuus	Lukumääri
115 Aluerakenteet	Liesi:900, 2 tehoaluetta				0,09 m3
115 Aluerakenteet	Pad 1	1 356,51 m2			406,95 m3
1221 Alapohjalaatat	AP01 (kuiva tila)	724,16 m2			658,78 m3
1221 Alapohjalaatat	AP02	121,57 m2			110,40 m3

Kuva 14. Solibri Model Checker -yhdistelmämalli. ITO-ikkuna.

Erilaisia tietoja haluttaessa on tässä vaiheessa mahdollista muokata näkyviä sarakkeita lisäämällä -, poistamalla niitä, muokkaamalla niiden kokoja, yksiköitä tai tarkkuuksia. Ensimmäisessä tällä on vaikutus siihen miltä lopullinen raportti informaation talteenotosta tulisi näyttämään Excel-muodossa. Muokkauksia on kuitenkin tämän jälkeen mahdollista jatkaa käytännössä rajattomasti Excel-muodossa, jolloin opinnäytetyön kannalta riittävää olisikin tässä vaiheessa tarvittavien tietojen sisällyttäminen sarakkeisiin ja ylimääräisten poistaminen niistä kokonaan. Lopuksi raportit tallennetaan Excel-tiedostoina, joista muokkausta jatkettaisiin Excelin avulla myöhemmin. Raporttien laadinta suoritettiin RAK- ja LVIS-osille.

8.3 Excel-taulukko

Excel-taulukossa muokkaus on suoritettava siten, että sen käyttö olisi mahdollisimman yksinkertaista hiilijalanjäljen arvioinnissa. Sen lopullinen muoto on tarkemmin esillä liit-

teessä 3. Tiedot pituus, kappalemäärä, pinta-ala ja tilavuus tulevat sarakkeisiin yhdistelmällin raportista ja loput myöhempien tietojen, kuten laskelmien ja Tekla-raporttien avulla täydennettynä. Massa- ja EPD-sarakkeet tulivat tässä vaiheessa mukaan, sillä niitä tultaisiin myöhemmin tarvitsemaan hiilijalanjäljen arviointityökalussa ja sen arvioinnissa yleensä. Nämä tarvittavat muokkaukset mahdollistivat taulukkomuodossa tiedon helpon lisäämisen -, poistamisen – ja laskemisen kulloinkin löydettyjen tilavuuspaino- ja massatietojen perusteella. Hiilijalanjäljen arviointiin tietojen kopioimisella ja liittämällä olisi toivottavasti myös etua.

9 MÄÄRIEN- JA MASSOJEN LASKENTA

Tueksi hiilijalanjäljen arviointi tarvitsee rakenneosia- ja määrälisäysten mukaisesti laadittuja massatietoja. Ilman näitä tietoja ei tietyille rakenteille, tai sen osalle olisi sen aiheuttaman hiilijalanjäljen arviointi mahdollista. Lisäksi rakennesuunnittelun ja detaljien ollessa valmiusasteeltaan pitkällä, olisi myös niiden hyödyntäminen hiilijalanjäljen arvioimisessa mahdollista ja perusteltua. Detaljien kohdalla arvioidaan mukaan tapauskohtaisesti merkittävimpiä osia ja - materiaaleja. Lisäksi päästötietojen löytyminen hiilijalanjäljen arviointimenetelmässä olevasta ja VTT:n laatimasta päästötaulukosta vaikuttaa omalta osaltaan siihen voitaisiinko kyseistä osaa tai materiaalia huomioida suoritettavassa arvioinnissa. Pääsääntöisesti oli kuitenkin selvää, että merkittävimmät massakeskittymät on syytä huomioida sillä olettamalla, että niiden hiilijalanjälki olisi todennäköisesti merkittävin. Ympäristöministeriön laskentaohjeessa oli lisäksi mukana rajaukset kiinnitysosista ja erillisistä kiinnikkeistä, jolloin näitä ei laskelmassa erikseen huomioitaisi. Poikkeuksena laskentaohjeeseen huomioitaisiin opinnäytetyössä ja suoritettussa laskennassa myös joitakin pintamateriaaleja, kuten sementtitasoitteita ja erilaisia pinnoitteita, koska huolimatta niiden pienistä massoista voisivat erityisesti sementti- tai muovipohjaisten tuotteiden päästöt olla laskennan lopputuloksen kannalta merkittäviä. Muita seikkoja olivat ympäristöselosteiden mukainen arviointimahdollisuus ja tarkennus sekä mahdollisuus arvioida muiden elinkaarenvaiheiden, kuten uudelleenikäytön ja kierrätyksen avulla vältetyt nettopäästöt.

Laskelmien toteuttamiseksi käytössä oli PTC Mathcad Prime -ohjelma. Excel toimisikin paremmin tiedon yhteenvedossa ja summaamisessa, kuin pitkien yhtälöiden ja lausekkeiden käyttämisessä sen yksittäisissä soluissa. Rakenneosien määrien arvioinnissa käytössä olivat kohteeseen laaditut Vahanen Suunnittelupalvelut Oy:n rakennesuunnitelmat ja DWG-piirustukset.

9.1 Tilavuuspainot

Yleisimpien rakenteiden ja rakennusmateriaalien tiheyksien ja massojen kannalta olivat tiedot suhteellisen helppoja löytää ja niiden arvioinnissa tultaisiinkin käyttämään seuraavia tietolähteitä:

- Tekniikan taulukkokirja, Valtanen E, 2016
- Geotekniikka, Rantamäki M, Jääskeläinen R ja Tammirinne M, 2009

- RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka 1
- RTS EPD-Ympäristöselosteet sekä muut saatavilla olevat EPD:t
- Materiaalivalmistajien kotisivut ja mahdolliset puhelin - ja sähköposti tiedustelut eri valmistajilta

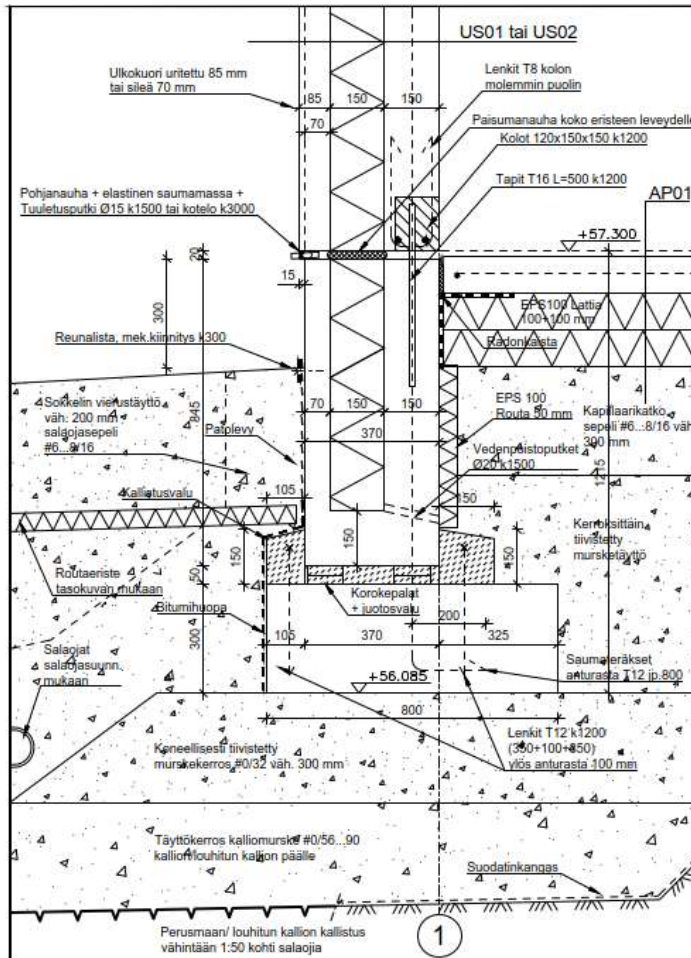
Betonirakenteiden kohdalla oli aluksi näistä poiketen suoritettava laskentaa, hiilijalanjäljen arvioimiseksi betonille ja betoniteräkselle erillään toisistaan. Liitteessä 2 on esitetty raudoituksien suhdeluvun määrittäminen keskinäisten massojen avulla sekä (Liite 2, s. 12) suhdelukua myös kokomallin osalta. Erojen muodostuessa hyvinkin suuriksi, riippuen erityisesti betonirakenteen poikkileikkauksesta, valu- ja työtavasta sekä betonilaadusta ja lujuudesta. Laskennan yksinkertaistamiseksi toteutetaan rajaus yleistapauksena tilavuuspainojen mukaan määrittäen. (SFS-EN 1991-1-1/2003, s 46) Tämä tuotti suhdeluvuksi arvon 4 %. Jatkossa tätä yleisarvoa käytetään teräksen massojen määrittämiseksi betoniosien - ja poikkileikkauksien massojen avulla. Tapauksissa, joissa määritellyn yleisarvonkin käyttö tuottaisi liian suuren eron todellisiin massoihin verrattaessa, on käytössä optimoitu arvo laskusäännön pysyessä alkuperäisen kaltaisena.

9.2 Perustus- ja alapohjarakenteet

Anturoiden osalta huomio kiinnitetään jatkuvien betonianturoiden ja betoni pilarianturoiden raudoitussuhteiden määrittämiseen, sillä näiden kohdalla tuottaisi aikaisempi raudoitussuhdeluku liian suuren poikkeaman todellisiin massoihin verrattaessa. Raudoituksien määrän jäädessä usein juuri betonianturoissa melko vähäiseksi suhteessa betonin vastaavaan. Jatkuvalle betonianturalle määritetty (Liite 2, s. 12) massa vastaa yhden metrin matkaa, ja pilarianturoiden tapauksissa massa on kappaleperusteinen.

Perustuksien kohdalla oli kaiken kaikkiaan yksittäisiä detaljeja suhteellisen paljon ja jälleen arviointi yksittäisten osien merkityksellisyydestä avain asemassa. Sokkelielementtien korotus-, juotos- ja saumavalut sekä valuviisteet ja näihin sisältyvät saumateräkset ja lenkit, huomioidaan (Liite 2, s. 16) laskelmien mukaan. Näissä ajatus oli sama, eli määritetään ensin betoni poikkileikkauksille massa, jonka jälkeen suhdeluvun avulla arvioidaan teräksen osuus tästä kokonaisuudesta. Teräksen osuudeksi arvioidaan tässä kohdalla noin yksi prosenttiyksikkö.

Muut rakenneosat kuvassa 15 ja (Liite 2, s. 13-14), joita perustuksien osalta tullaan huomioidaan ovat EPS100 Routa 50 sokkelin pystyeristys, patolevyt ja reunalistat ja sokkelin vedeneristys (bitumihuopa). Alapohjassa huomioidaan sen normaali rakennekerrosten lisäksi radonkaista, joka asennetaan rakennuksen kantavien SW-ulkoseinien, kantavien väliseinien - ja pilarien ympäröyksille sekä piireille.



Kuva 15. Perustusleikkaus (Vahnen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.a).

Kohteen rakennetyyppeihin kuuluivat lisäksi perustuksien ja alapohjan osalta maanpaineisinä perusmuurit, henkilöhissin perustukset, VSS-elementtirakenteiden liitos-/juotosvalu, tukimuurien kallistusvalut ja edellä mainittujen rakenteiden veden- sekä lämmön-/routaeristys. Näiden kohdalla (Liite 2, s. 13-14) laskelmissa huomioidaan näidenkin detaljien osat yhteisenä kokonaisuutena ja laskelmana. Parvekkeen liittopilarit ja betonitäyttövalut on laskettu mukaan niin ikään detaljien osoittamilla tilavuuksilla, pituuksilla ja massoilla.

9.3 Välipohjarakenteet

Detaljeista huomioitavia yksityiskohtia ovat ontelolaattojen tarvitsemat liitososat sauma- ja rengasterätket sekä erilaiset kolo- ja aukkotërätket. Näiden laskemiseksi käytetään raudituspiirustuksia, joista DWG-tiedostomuodossa oli mahdollista laskea yksittäisten raudoitteiden pituuksia ja kappalemääriä. Massat muodostetaan näiden tietojen mukaisesti, joskin ilman taivutuksia ja tästä todellisesti muodostuvaa marginaalista lisää yksittäisten raudoitteiden pituuteen.

Saumavalujen tilavuutena käytössä on yleisohje ontelolaattojen asennuksesta Pielisen Betoni Oy:n mukaan. (Pielisen Betoni Oy, 2019) Seuraavaksi lasketaan vielä yhteen teräsosien massat. Kuvassa 16 on lisätieto deltapalkkien massoista, joka määritetään niiden poikkileikkaussuhteen eroavaisuuden vuoksi erillään muista ontelolaatta raudoituksesta.

Sauma-, täyttö-, ontelo-, tuki- ja rengasteräs valut VP ja YP

"Saumavalut ja täytöt, arvioidaan käyttäen apuna täyttövalujen likimääräisiä kokoja ja kokonaispituuksista muodostuvia keskinäisiä poikkileikkaussuhteita (m.teräset/m.betoni%). Tämä arvio ei kuitenkaan huomioi täydellisesti työtavoista ja toteutuksesta seuraavaa onteloiden ns. täyteen valua, mutta oikealla prosenttiosuudella arvio saadaan kuitenkin suhteellisen lähelle todellista määrää"

$$m_{OL.Teräset.yht} := 2256 \text{ kg} - 157 \text{ kg} = 2099 \text{ kg}$$

$$m_{DELTA.Teräset.yht} := 157 \text{ kg}$$

"Lasketaan deltapalkeille erillinen arvo, koska arvioitu poikkileikkausosuus on betonille ~20%"

Kuva 16. Ontelolaattojen -ja deltapalkkien teräsmassat sekä niiden määrittäminen (Liite 2, s. 17).

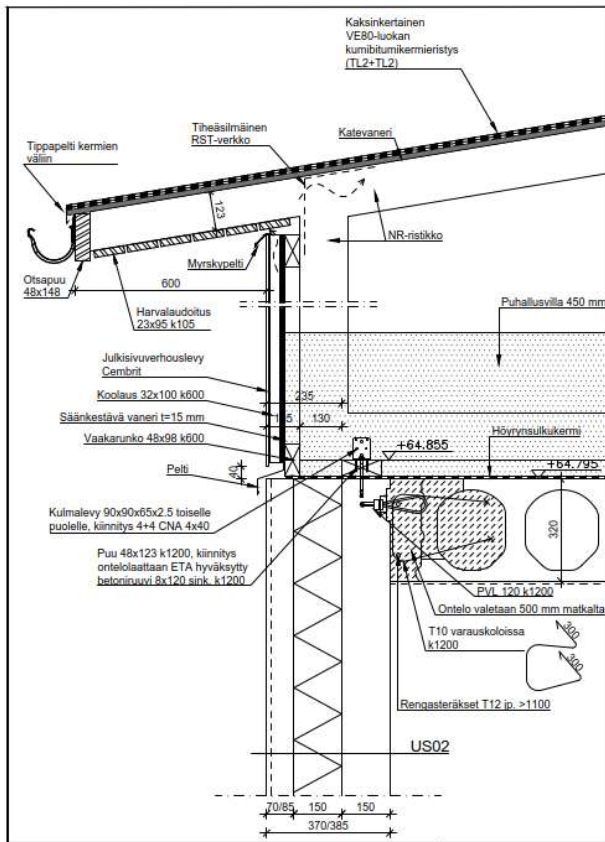
Tämän jälkeen suoritetaan lausekkeen muodostaminen, kuten aikaisemmin betonirakenteiden osalla määritetyn suhdeluvun laskusäännön avulla, mutta tällä kertaa arviointi poikkileikkausten suhteen on käänteinen, koska haluttu tieto on betoniosien massa teräsosien massojen sijaan. Loppujen rakenteiden ja -osien kohdalla toimitaan rakennetyyppien ja niissä esitettyjen materiaalien mukaisesti. Määrittämällä kullekin tilavuuspainojen ja materiaalihiheksien mukaiset kokonaismassat.

9.4 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

Osien laskeminen osoittautui laajuutensa vuoksi erittäin suureksi määräksi erilaisia laskelmia (Liite 2, s. 3-11). Osaksi tämä johtui siitä, että näiden rakenneosien kohdalla ei rakenteiden ja eriosien määriä ollut tietomalleissa lainkaan tai niiden tarkkuudet olivat erittäin huonot ja puutteelliset. Tähän lisättyinä massatietojen puuttuminen niin ikään kokonaan oli tarvittava laskentamäärä mittava.

Räystä- ja yläpohjarakenteissa kuva 17, oli paljon erilaisia vaaka- ja pystypuurunkoja, vaneri- ja verhoulevytyksiä, harvalaudoituksia, otsapuu osia sekä räystäiden kohdalla olevia korokepuita huopakatteen käännölle ja -pellityksille. Näille olisi määritettävä jokaiselle ensiksi pinta-ala, pituus ja myöhemmin tilavuuksien mukaisesti myös massa. Pinta-aloja ja pituuksia oli mahdollista määrittää Tekla Structures -RAK-mallista tai DWG-kuvista AutoCAD-ohjelman avulla. Muutamissa tapauksissa turvaudutaan pintakuvioiden käyttöön ja erilaisiin pinta-alojen muunnoksiin, jotta tarvittavien tietojen laskenta

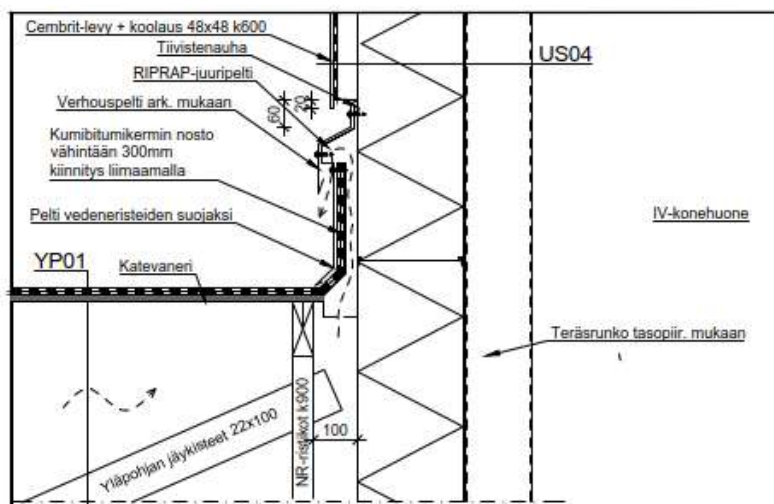
olisi mahdollista. Myös räystääs-, myrsky- ja tippapellityksien kohdalla massojen määrittämiseksi laskenta perustui tilavuuksien laskentaan profiilien poikkileikkausaloja ja kokonaispituuksia käyttäen.



Kuva 17. Yläpohjaleikkaus (Vahnen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.b).

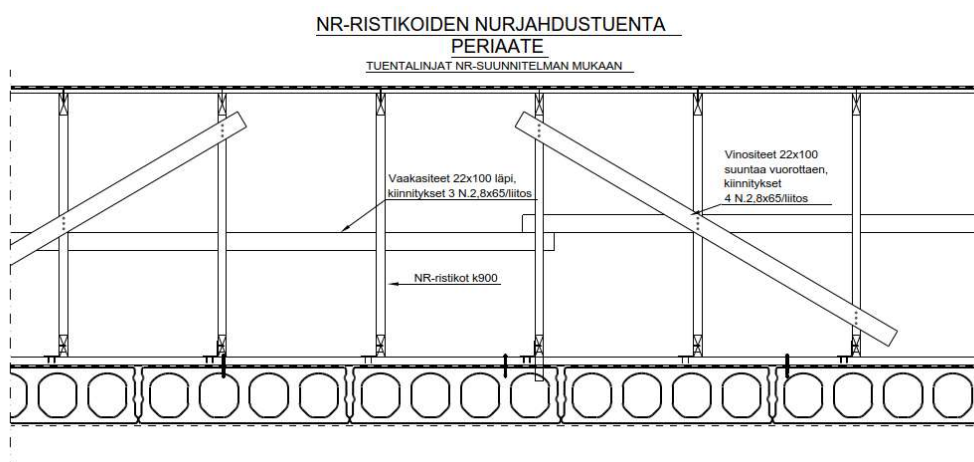
Vaakaprojektion pinta-alan muunnokset suoritetaan lokaalista globaaliksi pinta-alaksi tarkasteltavan projektion tason suunnassa käyttämällä trigonometriaa ja sen avulla muodostettuja laskukaavoja- ja sääntöjä.

IV-konehuoneen sijaitessa keskellä rakennuksen vesikattorakenteita huomioidaan kuvan 18 mukaisesti verhouspeltien ja levytyksien sekä bitumikerminostojen vesikatonliittymä IV-konehuoneen Paroc SW-elementteihin.



Kuva 18. Yläpohjaleikkaus (Vahanen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.c).

Yläpohjan jäykisteet, NR-ristikot ja paikallaan rakennettavat katon osat oli arvioitava mukaan, vaikka osa suunnitelmista olikin vielä kesken tai puuttui kokonaan. Arviointi onnistui suhteellisen helposti huolimatta siihen sisältyneistä epävarmuustekijöistä ja olettamista. Ristikolle tehdyn malliristikon avulla (Liite 2, s. 10) yhdelle ristikolle muodostui materiaalmäärä ja -massa. Tässä huomioitavaa oli Tekla Structures -RAK-mallin sisältämien osien sekä materiaalmäärien vähentäminen malliristikon määrästä sekä -massoista. Lisäksi arviointia suoritettiin tarvittavien naulalevyjen massojen suhteen. Näin voitiin muodostaa yhdelle ristikolle kokonaismassa, ja määrittää se koskemaan kohteen kaikkia NR-ristikkorakenteita samanarvoisesti. Tämä puolestaan mahdollisti yläpohjan puurakenneosista muodostuvan hiilikädenjäljen suuruuden arvioinnin. Ristikko- ja yläpohjarakenteiden jäykisteet ja tuennat oli mahdollista arvioida mukaan osin valmiiden suunnitelmien, kuten kuvassa 19 mukaan ja määrittämällä massa yhden metrin matkalla tuenta-, nurjahdus- tai jäykistyslinjaa. Tarkempia mittoja oli mahdollista saada mittauksin DWG-kuvista AutoCAD-ohjelman avulla.

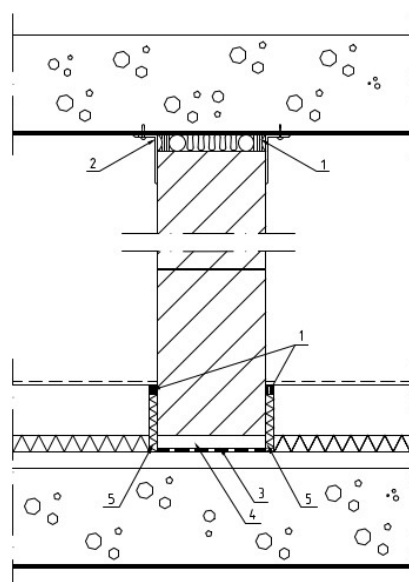


Kuva 19. NR-ristikoiden nurjahdustuenta (Vahanen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.d).

Laskelmissa (Liite 2, s. 8-9) on arvioitu myös ristikoiden alle ja ontelolaatan pintaan asennettavat puuosat ja niiden muodostamat massat. Ylläpohjaan kuuluu lisäksi palo-osastointiin käytettävät rakenneosat, jotka ovat kevytrakenteisia puurankaisia kipsilevyseinä. Erityisesti tietomallien epätarkkuuksien vuoksi laskenta oli hyvä suorittaa uudelleen, jolloin turhilta massoilta hiilidioksidiekvivalenteja vältetään.

9.5 Elementtien saumat ja Kahi-harkkoseinät

Muihin detaljeihin lukeutuvat laskelmat (Liite 2, s. 18-19). Pohjana näille tuli toimimaan Areite Oy:n laatima määräluettelo ja niissä esitetyt arvot elementeissä sijaitsevien saumojen pituuksista ja Kahi-harkkoseinistä. Kuva 20 esittää hyvin tarkkuuden, jolla detaljeista on syytä arvioida sen eri osia. Rakenneosista ovat tällaisia L-teräkset ja bitumikermi. Niiden massan voi olettaa kasvavan riittävän suureksi, jolloin hiilijalanjälki olisi arvioinnin kannalta merkittävä.



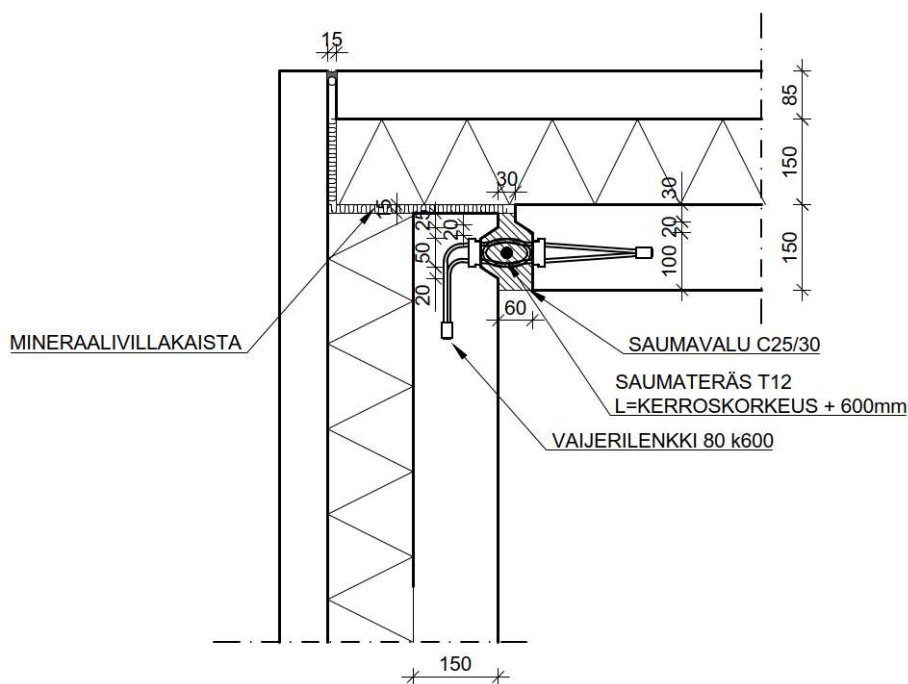
- 1 Palamaton mineraalivillalilke (tiheys >100 kg/m³), umpisolunauha, elastinen saumamassa Tremco Nullfire FS705 tai vastaava
 - 2 L-teräs 30x60x2 mm, kiinnitys muovitulppa + puuruuvi Ø4 mm K600
 - 3 Irrotuskaisla, esim. bitumikermi
 - 4 Muurauslaastisauma
 - 5 Reunaimmituskaisla; ThermiSol Step Reunakaista 12 mm tai vastaava
- Alakatolisissa tiloissa voidaan L-teräs korvata puusoirolla 50x50 mm (vastaava ruuvikiinnitys)

Kuva 20. Kahi-seinädetaljit (Vahanen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.e).

Aukkojen kohdalla Kahi-seiniin tehdään valupalkki, jossa käytetään betonia ja raudoitteita. Näiden määrän ja massan voi olettaa sen suuruiseksi, että huomioiminen arvioinnissa on perusteltua.

Elementtirakenteiden suuren määrän vuoksi on syytä arvioida myös niihin sisältyvien saumojen määriä ja -massoja. Erityisesti betonielementtien tarvitsemat betoniset saumavalurakenteet ja teräkset ovat mahdollisia suuria hiilijalanjäljen lähteitä. Tietomalleista on myös hyvä huomata näiden tietojen puuttuminen, jolloin niistä saatavien raporttien kohdalla kokonaismassat ovat tältä osin epätäydellisiä.

Arviointi suoritetaan samoja laskusääntöjä ja kaavoja käyttäen arvioiden saumojen poikkileikkauksia ja niissä käytettävien terästankojen keskinäisiä poikkileikkaussuhteita. Detaljien määrän vuoksi arviointiin tulivat jälleen mukaan keskiarvoihin perustuvat määritykset, joilla rajaus osoitettiin koskemaan yhtä elementtityyppiä ja poikkileikkausta, kuten kuvassa 21.



Kuva 21. Betoni SW-elementtiliitos (Vahanen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.f).

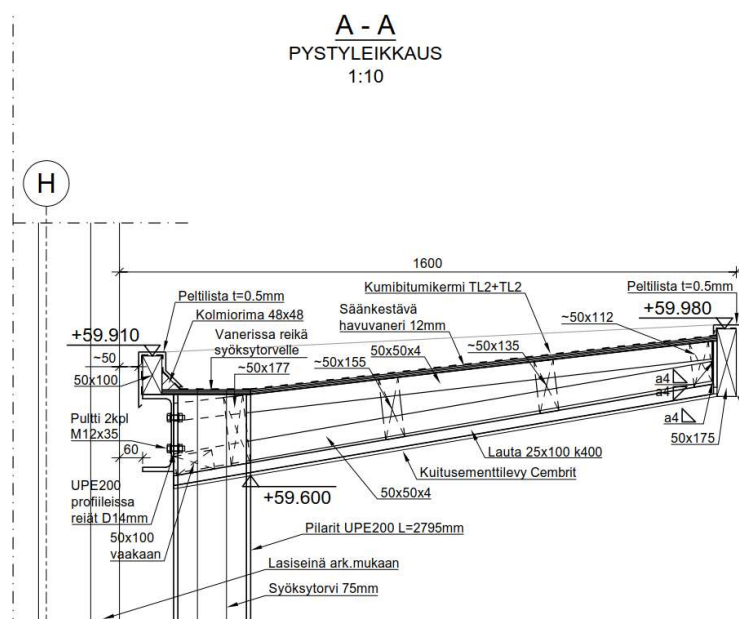
Teräksen poikkileikkaussuhteeksi tullaan käyttämään arvoa yksi prosenttiyksikkö. Mineraalivillakaistojen ja saumamassojen ja eristeiden kohdalla arvioitu kokonaismassa oli oletettua arviota pienempi, joten niiden arviointia ei työssä ollut syytä jatkaa. Kaikkiaan elementtisaumoja sisällytetään mukaan betonisten ulko- ja väliseiniin, pilarien, sokkeli ja kuorielementtien mukaisesti.

9.6 Piharakennukset ja varusteet

Ulkopuolisia hiilijalanjälkeen sisällytettäviä rakennuksia ja varusteita, ovat pihavarasto, vaunukatos 006, polkupyöräkatos 007, ulkovarastot 002 ja - 003, sisäänkäyntikatos ja

säänsuoja kylmäkoneille. Piharakennukset sisältyivät jo suurelta osin Tekla-raportteihin sekä Solibri model checker -yhdistelmämallin raportteihin. Täydennyksiksi lasketaan mukaan rakennetyyppien mukaisia massoja sekä mahdollisia detaljeja ja niiden aiheuttamia lisäyksiä.

Laskenta (Liite 2, s. 22-28) eteni, kuten muidenkin rakenteiden ja osien kohdalla hyödyntäen niissä jo aikaisemmin määriteltyjä tietoja, laskukaavoja ja -sääntöjä. Erityisesti kuvassa 22 esitetyn sisäänkäyntikatoksen kaltaisten rakenteiden laskenta, jo pelkästään niiden kompleksisuuden vuoksi oli tarpeen. Tietomallit eivät tarkkuudeltaan riittä yksityiskohtien huomioimiseen tämänkaltaisissa rakenteissa ja osissa. Vaihtuvan palkkipoikkileikkaus huomioidaan yhteisenä kokonaispoikkileikkaus-alana, jonka tilavuuspainon ja katoksen pituuden tulo on arvioinnissa käytettävä puupalkkien kokonaismassa.



Kuva 22. Sisäänkäyntikatosis (Vahnen Suunnittelupalvelut Oy, 2019.g).

Piha-alueilla olevia varusteita huomioidaan vain sen mukaisesti, onko varusteelle Talo 2000-nimikkeistön mukaisessa rajauksessa littera, VTT:n laatiman päästötietokannan mukainen päästötieto sekä olemassa oleva suunnitelma. Piha-aita teräksinen Nylofor 2D-Super (Cronvall Oy, n.d) ja ulkopuolelle asennettavat teräksiset reikälevyt voidaan arvioida massoiltaan merkittäviksi. Massat arvioidaan valmistajan ja materiaalien tiheysettien perusteella. Reikälevyille oletetaan avoimeksi pinta-alaksi noin 15 % kokonaispinta-alasta. Kylmäkoneille määritetyn teräsverkon arvioimiseksi käytetään ohutta ns. jysijäverkkoa. (Lektar Oy, n.d)

9.7 Sisätilat, varusteet ja pintamateriaalit

Sisätilojen kohdalla ei arviointiin huomioida tiloihin sijoitettavia kalusteita. Pintamateriaalit ja käsittelyt olivat tasoite- ja maalaustyöselostuksien mukaisia ja tieto materiaalin

valmistajasta ja tuotteesta avain asemassa. Tarvittavien tietojen löytämiseksi oli yhteydenotto valmistajaan sähköpostitse tai vierailu tuotteen kotisivuilla tarpeen. Pintakäsittelynä teräsosille ja -varusteille oletettiin tehdasmaalaus/-käsittely. Teräsosilla maali-pintojen kalvopakisuuden ollessa yleisesti todella ohut, olisi myös laskennallinen kokonaisuudessa ja aiheutuva hiilijalanjälki oleva lähes merkityksetön. Pintakäsittelyjä ei tämän takia huomioitu arvioinnissa teräsosien - ja varusteiden kohdalla.

Sisätilojen kaiteet olivat massaltaan merkittäviä, koska pääasiassa ne koostuivat teräs-ranka väliseinäprofiileista, teräsputki-profiileista, kipsilevyistä sekä lasikaiteista alumiiniprofiilein. (SteelPro, 2020) Osat sisätilojen kohdalla laskettiin suoraan Excel-määrä- ja massaluetteloon, sillä niiden laskemiseksi huomioitiin ainoastaan tietoja, jotka olivat jo määritettyjä ed. Solibri Model Checker -yhdistelmämallin avulla.

9.8 LVIS-teknikka

Vaikka pääpaino massojen laskennassa olikin tarkastella niitä rakennesuunnittelun silmin. Kuuluu hiilijalanjälkeen ja sen arviointiin kokonaisuudessaan LVIS-teknikka. Näiden arviointi osoittautui työn kannalta erityisen hankalaksi. Täten pyrkimyksenä olikin työnkannalta pitää arviointi sellaisena, että se kuvaisi järjestelmiä ja niiden merkittävimpiä osia. Kattavan arvioinnin, joka tulisi sisältämään mm. kaivot, viemäri-, vesijohto-, käyttövesi- ja ilmanvaihtoputket, ilmanvaihtuventtiilit ja päätelaitteet tarkoittaisi, että lähtötietojen olisi jatkossa oltava huomattavasti kattavammat. Rajanvetona toimii opinnäytetyössä se, että hiilijalanjäljen arviointimenetelmässä on pinta-alaperusteisia arvoja tiettyille LVIS-teknikan osille ja -kokonaisuuksille. Täydentämällä näiden osuuksien ulkopuolelle jääviä osia ja -kokonaisuuksia saadaan arviosta varsin kattava, ja kaikki tarvittavat osa-alueet sisältävä.

Patteriverkoston, vesijohtojärjestelmän, viemäriputkiston, ilmanvaihtojärjestelmän, sähkölaitteiden ja kaapelointien sekä päätelaitteiden huomiointi suoritettiin käyttäen valmiita kokonaispäästöarvoja kokonaiskerrosneliömetreihin perustuen. Henkilöhissi arvioidaan kappalemäärän mukaisena ja aurinkopaneelit kiteisenä paneelina pinta-ala perusteisena.

Vesi- ja viemärijärjestelmien päätelaitteita huomioidaan mukaan vesikalusteluettelon avulla (Rejlers Finland Oy, 2019.b) ja hyödyntäen valmistajatietoja laitteiden massoista. (Geberit Oy, n.d; Jalosteel Oy, n.d; Oras Oy, 2019) Alueosien suhteen on suoritettava tarkempia laskelmia (Liite 2, s. 20-21). Erityisesti maalämpöosat olivat näiden laskelmien keskiössä. Laskelmien laadinnassa oli käytössä SYKE Energiakaivo 2013/ Ympäristöoppaan 2013 mukaiset rakenteet ja määritykset. (VALTO, n.d) Muut tiedot perustuvat maalämpökentän suunnittelusta laadittuihin piirustuksiin ja rakentamistapaselostuksiin. (Konsulttitoimisto Enersys Oy, 2020) Arviointiin tuli tässä vaiheessa mukaan myös PDF-XChange Editor-ohjelma. Etäisyystyökalun käyttö keruuputkistojen pituuksien määrittämisessä toimi erittäin hyvänä ja tarkkana apuvälineenä. Lämpökaivojen keruuputkissa laskuissa on hyvä huomioida trigonometrian avulla myös vinoporauskulmat. Keruu-, runko- ja yhdysputkien sekä eristettyjen putkien ja EPS-putkikourujen, kokoomakaivojen ja suojakaivojen arviointiin oli hyödynnettävä materiaalivalmistajan tietoja. (Meltex Oy,

n.d; Onninen Oy, 2020; Rudus Oy, n.d) Suojaputket oletetaan ulottuvan kallioon vähintään kahden metrin matkan ja kallion syvyydeksi oletetaan noin kolme metriä. (Geopalvelu Oy, 2019) Tämän avulla voidaan teräksisen 139,7 x 4,0 mm:n suojaputken pituudeksi arvioida noin viisi metriä/ suojaputki.

Erialaisten kaivojen kohdalla ei arvioinnissa ole mahdollisuuksia niiden täydelliseen laskentaan, sillä päästötiedot perustuvat vain muutamiin oletus kaivotyyppeihin ja valmistajilta saatuihin massatietoihin. (Jupalco Oy, n.d; Talokaivo Oy, n.d) Hiilijalanjäljen arviointi suoritettiin kaivojen kokonaisuutena käyttäen, ja valiten kaivolle sitä lähimmin vastaavan kaivotyyppi hiilijalanjäljen arvioinnin päästötietokannasta.

9.9 Energiankulutus

Rakennuksen elinkaarenaikaista energiankulutusta ja tästä muodostuvaa hiilijalanjälkeä arvioitiin rakennukseen energiatehokkuus asetuksen 1010/ 2017 mukaan laaditun energiaselvityksen avulla. (Rejlers Finland Oy, 2020.c) Arviointityökalussa kuvassa 23 kohdassa B tarvittavat tiedot, joista käytön aikana syntyvät päästöt muodostuvat.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu		GREEN BUILDING COUNCIL FINLAND		Ympäristöministeriö Miljöministeriet Ministry of the Environment	
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019					
Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)					
		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki		
		kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a		
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		0,04			
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m²_{netto}/a)			Korvaa taulukkoarvot tarkemmilla tiedoilla	
Sähkö			-		
Kaukolämpö			-		
Fossiiliset polttoaineet			-		
Uusiutuvat polttoaineet			-		
Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m²_{netto}/a)				
Sähkö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö			
Lämpö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö			
Syötä yllä olevaan listaan rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergian kulutus energiaselvityksen tai vastaavan laskelman pohjalta. Energiankäytön päästöt muodostuvat automaattisesti eri energiamuotojen päästötietojen perusteella, kun kulutus on syötetty. Energiamuotojen päästökertoimia ei voi muuttaa. Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.					
Korjaukset ja osien vaihdot (B3-4)		0,04		Korvaa taulukkoarvot	
Osien vaihdot			-		
Korjausten energiankulutus		0,04	-		
Osien vaihtojen päästövaikutukset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluetello' annettujen arvojen					

Kuva 23. Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B) (YM, 2019.b).

Tietoja ovat ostoenergiankulutus, mahdolliset fossiiliset – tai uusiutuvat polttoaineet, ylijäämäenergia sekä laitteiston korjauksiin ja vaihtoihin kulutettu energia. Hyvinvointikampuksen päiväkodin kohdalla ei ylijäämäenergialle ole laadittu arviota, joten ainoat tiedot, jotka hiilijalanjäljen arviointiin sisällytetään ovat ostoenergiankulutus sähkön

osalta ja maalämpöpiiristä tuleva uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu energiankulutus. Uusiutuvilla polttoaineilla tuotetuilla energioilla ei tosin ole hiilijalanjäljen kannalta merkitystä, sillä arviointi olettaa tämänkaltaisessa tilanteessa päästökertoimen olevan nolla. Tämä johtaa tilanteeseen, että myös syntyvä hiilijalanjälki on nolla. Sähkön kulutukselle tarvittava arvo löytyy energiatodistuksesta kohdasta energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus. Hyvinvointikampuksen päiväkodilla tämä arvo on $82 \text{ kWh}_e / \text{m}^2 / \text{a}$. Rakennuksen ympäristössä olevasta energianlähteestä otettu energia ja -hyödynnetty osuus on tässä tapauksessa arvioitu olevan lämpöpumpun ja muun energian ja lämmön osalta $43 \text{ kWh}_e / \text{m}^2 / \text{a}$.

Menetelmistä, joilla arviointi olisi voitu muutoin suorittaa esimerkiksi hankkeen alkuvaiheessa, on hyvä mainita uudisrakennusten energiatehokkuusasetuksen 33. §:n vaatimukset täyttävä laskuri. (Rakennusteollisuus, n.d) Laskurin ovat kehittäneet Aalto yliopiston professori Jarek Kurnitski sekä hänen tekijätiiminsä. Laskurin tarkempaan käyttöön ei opinnäytetyössä kuitenkaan keskitytty saatavilla olleiden täydellisten energiatodistusten ja -selvityksen vuoksi.

10 HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTI

Lopulta tarvittavien tietojen ollessa laskettu olisi vuorossa itse hiilijalanjäljen laskenta ja arviointi. Määrä- ja massaluetteloon oli vielä ennen varsinaista arviointia tehtävä tarvittavat täydennykset kuten Tekla Structures-listat, täydentävien laskelmien tulokset (Liite 2) ja tuotekohtaiset tiedot materiaalivalmistajien mukaan. Tarvittaessa poistetaan lisäksi ylimääräiset litteroinnit.

Ensimmäiselle sivulle kuvassa 24 tulevat arviointityökalussa kohteen lähtötiedot, arvioinnin tekijä ja mahdollinen tarkastaja.

Yhteenveto

Lähtötiedot		
Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Hyvinvointikampuksen päiväkot
	Rakennustunnus	186-6-638-11
	Osoite	Lääkärintie 11, 04410 Järvenpää
	Rakennustyyppi	Opetusrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [kem ²]	2 206
	Lämmitetty nettoala [m ² _{netto}]*	2 071
	Kerrosten lukumäärä	3
	Kellarikerrosten lukumäärä	
	Pääasiallinen runkomateriaali	Betoni
Laskennan tiedot	Energialuokka	A
	Laskenta-ajanjakso*	50
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2021

*pakollinen tieto

Arvioinnin tekijät		
	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Martti Virtanen	
Yritys	HAMK	
Koulutus	AMK, Rakennusinsinööri opiskelija	
Päivämäärä	3.2.2020	

Kuva 24. Arvioinnin lähtötiedot. Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalu (Liite 1, s. 2).

Kohteen nimi, lämmitetty nettoala, laskenta-ajanjakso ja rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi ovat pakollisia tietoja. Laskenta-ajanjakso valitaan kohteen kestävän kehityksen ohjaustyökalun mukaan, jossa tilaaja on asettanut rakennuksen tavoitekäyttöiälle arvon 50 vuotta. (Mestaritoiminta Oy, 2018) Muut tiedoista kerätään kohteen laajuustiedoista ja valitaan alustavan rakennusaikataulun mukaisena. Samalle sivulle tulevat näkyviin myöhemmin yhteenvetona linkaariarvioinnin tulokset, päästöjakaumat linkaaren eri vaiheiden kohdalla ja kumulatiiviset vuotuiset päästöt.

Materiaalitietojen täydennys ja siirto alkoi laaditusta määrä- ja massaluettelosta kopioimalla tarvittavasolu ja liittämällä solussa oleva tieto arviointityökalussa vastaavalle rivilleen. Kopiointi ei ollut mahdollista materiaali tyyppi ja materiaali sarakkeisiin, jolloin nämä tiedot oli täydennettävä kukin yksikerrallaan vastaamaan rakennetta, jota kyseisellä rivillä ollaan parhaillaan arvioimassa. Määrä- ja massatiedot olivat mahdollista kopiointin avulla siirtää useampisolu kerrallaan, jolloin niiden vienti arviointityökaluun oli huomattavasti helpompaa ja nopeampaa. Lisärivejä oli mahdollista lisätä kunkin rakennosan arvioinnin loppuosassa. Lisättävien rivien määrän pystyi asettamaan itse haluamukseen. Kertaalleen lisättyjä rivejä ei arviointityökalusta ollut kuitenkaan mahdollista poistaa.

Arviointityökalussa ei myöskään tässä vaiheessa ole mahdollisuutta valita tarkasti laaditun Talo 2000-nimikkeistön mukaisia sijainteja kaikille sen eri rakenneosille ja litteroinneille. Huolimatta siitä, että työssä käytetyn määrä- ja massaluettelon nimikkeistö oli laadittu erityisesti Talo 2000 huomioiden. Tämä ongelma johtuu yksinomaan siitä, että arvioinnissa oleva päästötietokanta ja sen mukaiset valmiit materiaalilistat ovat esimääritettyjä vain tiettyyn osaan arviointia ja niille valittuja Talo 2000-nimikkeistöjä. Mikäli olet merkitsemässä nimikkeistöön kohtaan vaipparakenteet 1240-1260 materiaaleja ja rakenteita, ei arviointi anna valita kuin ainoastaan sen mukaisista materiaaleista, jotka tähän vaiheeseen on esivalittuna. Tästä syystä osalle materiaaleista ja rakenneosista on valittava poikkeava osio Talo 2000-nimikkeistöön verrattuna, jotta pystytään tässä vaiheessa huomioimaan arvioinnissa kaikki massoitettut rakenneosat. Lopulta tämän onnistuessa suhteellisen hyvin, on arviointia tällä tavoin mahdollista jatkaa. Vain muutamaa materiaalia ja rakenneosaa lukuun ottamatta kaikki $\sim 9,3 \times 10^6$ kg kohteen kokonaismassoista saadaan arvioitua. Ainoat ulkopuolelle jääneet rakenneosat on merkitty Liitteessä 3 esitetyllä tavalla punaisen solukorostuksen avulla. Näiden osien kokonaismassa ei ole lopulta kuin ainoastaan yhden prosenttiyksikön verran kokonaismassoista, joista suurimpana yksittäisenä rakenneosana asfalttipäällyste, Ab 16/120, ASF.

Materiaalien päästötietojen osalta tukeudutaan laskurissa olevaan ja VTT:n laatimaan päästötaulukkoon. Sen arvot kattavat materiaalien elinkaaren vaiheet A1-A5, joskin vaiheessa A5 on arvioitu vain materiaalien hukkan osuus. Tuotteille ja materiaaleille, joiden päästöt löytyvät päästötietokannasta arviointimenetelmä laskee siihen valittujen materiaalien tyyppin, materiaalin ja tälle ilmoitetun massan mukaisesti aiheutetun hiilijalan- ja kädenjäljen automaattisesti. Puutteelliset tiedot päästötietokannassa, korvataan ympäristöselosteiden avulla siltä osin, kun ne olivat saatavilla. Tämän avulla oli mahdollista arvioida myös muita elinkaarenvaiheita, kuten uudelleenkäytön ja kierrätyksen avulla vältettäviä nettopäästöjä.

Materiaalien ja osien vaihdon aiheuttama hiilijalanjälki perustuu arviointijakson pituuteen ja rakennuksen tavoitekäyttöikänsä. Hiilijalanjälki on puolestaan aikaisemman materiaalienmukaisen hiilijalanjäljen tulo vaihtomäärällä kerrottuna. Näihin ei arviointityökalussa ollut mahdollista tehdä muutoksia vaan tiedot perustuivat valmiisiin olettimiin päästötietokannan materiaalien mukaisesti. Ympäristöselosteet oli aikaisemmin linkitetty massa- ja määräluetteloon, ja näin oli niiden käyttö huomattavasti helpompaa ja niiden turhalta etsinnältä arvioinnin tässä vaiheessa välttyään. Ympäristöselosteet löytyivät valmistajan kotisivuilta, tai Rakennustietosäätiön RTS EPD-, ympäristöselosteista -ja tietokannasta. RTS EPD:t olivat kolmannen osapuolen verifioimia ja tästä syystä luotettavampia kuin vastaavat selosteet, joiden tarkastamista ei ole toteutettu ulkopuolisella taholla.

Ympäristöselosteissa ja niiden käytössä on huomioitava erityisesti tarvittavat yksikönmuunnokset ja laskelmat ennen tietojen mahdollista jatkokäyttöä hiilijalanjäljen arvioinnissa. Kuvassa 25 on esimerkkinä betonipintojen käsittelemiseen käytetty silikaattipohjainen ulkomaali Keim Concretal-Lasur, ja tiedot tuotteen ympäristövaikutuksista. (Keimfarben, 2017)

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)																
PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	MND	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X
RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT: 1 kg Silicate Exterior Paint																
Parameter		Unit	A1-A3	A4	A5	D										
Global warming potential		[kg CO ₂ -Eq.]	1.20E+0	2.46E-2	1.59E-1	-7.86E-2										
Depletion potential of the stratospheric ozone layer		[kg CFC11-Eq.]	4.30E-10	5.14E-13	1.00E-12	-2.38E-11										
Acidification potential of land and water		[kg SO ₂ -Eq.]	1.25E-2	1.62E-4	1.68E-5	-1.09E-4										
Eutrophication potential		[kg (PO ₄) ³ -Eq.]	4.04E-4	4.03E-5	3.44E-6	-1.22E-5										
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants		[kg ethene-Eq.]	8.00E-4	-6.81E-5	1.35E-2	-9.99E-6										
Abiotic depletion potential for non-fossil resources		[kg Sb-Eq.]	1.88E-6	1.14E-9	2.09E-9	-8.14E-9										
Abiotic depletion potential for fossil resources		[MJ]	2.25E+1	3.37E-1	2.87E-2	-1.04E+0										

Kuva 25. Ympäristöseloste (Keimfarben, 2017).

Hiilijalanjäljen arviointiin huomioidaan vaiheet A1-A4 ilmastoalämmittävästä potentiaalista (GWP). Nämä tiedot lasketaan yhteen ja huomioidaan tarvittavat yksikömuunnokset, mikäli tarpeen. Tarkemmat laskelmat ympäristöselosteiden osalta (Liite 2, s. 29-33). Lopuksi sijoitetaan laskelmien tuotekohtaiset hiilijalanjäljet korvaten taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla kohdassa tarkennetut kertoimet.

Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset oli mahdollista huomioida, mukaan niin ikään ympäristöselosteiden mukaisena. Laskelmat (Liite 2, s. 29-33), joiden avulla potentiaalinen elinkaaren ulkopuolisen hyödyn kokonaismäärä muodostui. Ensiksi muodostetaan laske materiaalin ympäristöselosteen D-kohdasta potentiaalisen hyödyn vaikutukset. Tämä arvo yksiköstä, johtuen muutetaan tarvittaessa vastaamaan kilogramman massa valmistettua tuotetta tai materiaalia kohden. Ympäristöselosteita käytettäessä on tämä aika ajoin mahdollista ja varsin yleistä. Tuotteen ympäristövaikutukset voivat olla esimerkiksi laskettuja pinta-alan mukaisena valmistettua tuotetta kohden. Tämä joudutaan laskelmassa huomioimaan muuntokertoimella tai käyttämällä jakajana tapauskohtaisesti soveltuvaa arvoa, jolla yksikkö muuntuu oikeaksi. Lopuksi kuvassa 26 esitetyllä tavalla muodostetaan mahdollinen kokonaishyöty potentiaali.

D- elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt ja potentiaalit (Σ)

$$\begin{aligned} \Sigma GWP_D := & AGWP_D \cdot 12.7 + DGWP_D \cdot 14263 + EGWP_D \cdot 698 + FGWP_D \cdot 29623.7 \downarrow \\ & + GGWP_D \cdot 4821.2 + JGWP_D \cdot 49 + KGWP_D \cdot 4158 + NGWP_D \cdot 1976.3 \downarrow \\ & + OGWP_D \cdot 5627.1 + PGWP_D \cdot 384.5 + RGWP_D \cdot 6296.3 \end{aligned}$$

"Lasketaan jokaisen rakenne- ja materiaaliosan potentiaali summaten yhteen kunkin osan hyödyn ja kokonaismassan tulo. Lopuksi ilmoitetaan saatu mahdollinen kokonaishyöty potentiaali jyvitettyinä tarkastelujaksolle ja rakennuksen nettopinta-alalle".

$$\Sigma GWP_{D,a.net.} := \frac{\Sigma GWP_D}{2071 \cdot 50} = -0.51 \quad \frac{kgCO_2e}{m^2 \text{ netto}} \quad a$$

Kuva 26. Elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt ja potentiaalit (Liite 2, s. 33).

Hyötyjen summa lasketaan vielä nettopinta-alalle ja tarkastelujaksolle jyvitettyinä ja saatu tulos puolestaan sijoitetaan arvioinnissa D-kohtaan hiilikädenjäljeksi. Arvoa ei vähennetä hiilijalanjäljestä.

Laskennan arvioitavat osat työmaatoiminnot A5, korjausten ja osien vaihdot B3-B4 ja elinkaaren loppu C1-C4 perustuivat laadittuihin taulukkoarvoihin ja muodostuivat automaattisesti materiaaliluettelon avulla. Tietojen laatua arvioivaa osaa ei arvioinnissa täydennettäisi, koska laadinta toteutettiin käyttäen ns. yksinkertaista laadintatapaa arviointiohjeiden mukaisesti.

11 LOPPUTULOKSET JA NIIDEN VERTAILU

Laskennan tuloksien liitteessä 1 ollessa valmiita on niiden tulkintaa, arviointia sekä vertailua hyvä suorittaa. Vertailuun, arviointiin sekä tulkintaan käytetään kolmea menetelmää:

- Rajaus 1. Detaljit ja rakennetyyppien ulkopuolella tehdyt materiaali valinnat ja niiden vaikutukset.
- Rajaus 2. Tekla-tietomalli ja siihen sisältyneet massat ja rakenneosat.
- Vertailu nollaE Oy:n kohteesta aikaisemmin laatimaan arvioon elinkaaren hiilijalanjäljestä.

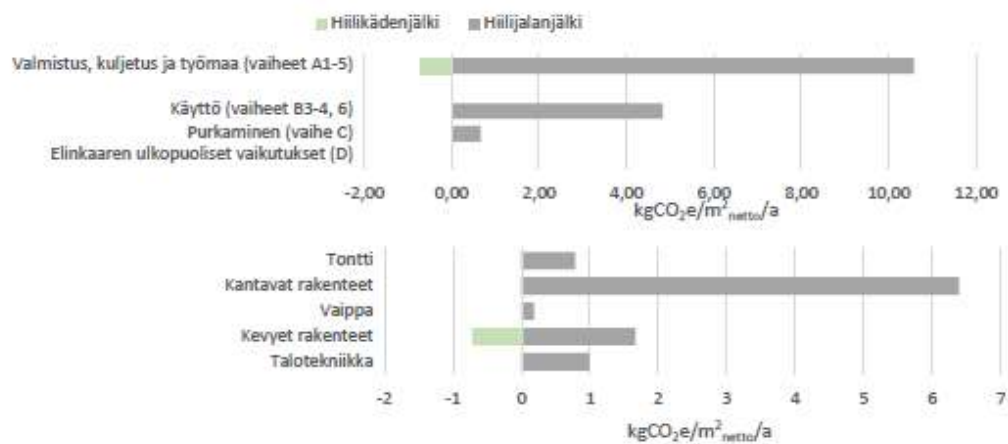
Rajauksiin lukeutuvat rakenneosat on nähtävillä liitteessä 3 laaditussa määrä- ja massa-luettelossa värikorostuksin eroteltuina toisistaan. Erityisesti rajauksessa yksi, oli ajatuk-sena havainnoida olisiko myöhemmillä materiaalivalinnoilla ja detaljeilla vaikutusta rakennetyyppien runko- ja kantavienrakenteiden ulkopuolella, ja minkälaisista suurus-luokista tällöin olisi kyse koko rakennuksen elinkaaren aikana sekä hiilijalanjäljen suh-teen. Arviointeja laadittiin kohteesta kaikkiaan kaksi kappaletta. Laskelma yksi vastasi perustasoa ja laskelma kaksi tarkennettua. Erona laskelmien välillä olivat EPD:n mukais-ten tarkkojen tuotekohtaisten arvojen käyttö sekä potentiaalisten hyötyjen lisääminen arvioinnin D-kohtaan. Molemmat laskelmat laskettiin, eroista huolimatta käyttäen yk-sinkertaistettua arviointitapaa, koska ohjeistus käytännön eroista yksinkertaistetun ja tarkennetun arvioinnin välillä oli laadinta hetkellä hyvin häilyvä ja epämääräinen. Ku-vassa 27 on laskelman yksi tuottaneet lopputulokset.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Ympäristöministeriö
Ministeriet
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	1 665	-74
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	16,08	-0,72
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	10,58	-0,72
Tontti	0,79	
Kantavat rakenteet	6,40	0,00
Vaippa	0,19	
Kevyet rakenteet	1,67	-0,72
Talotekniikka	0,99	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	4,83	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



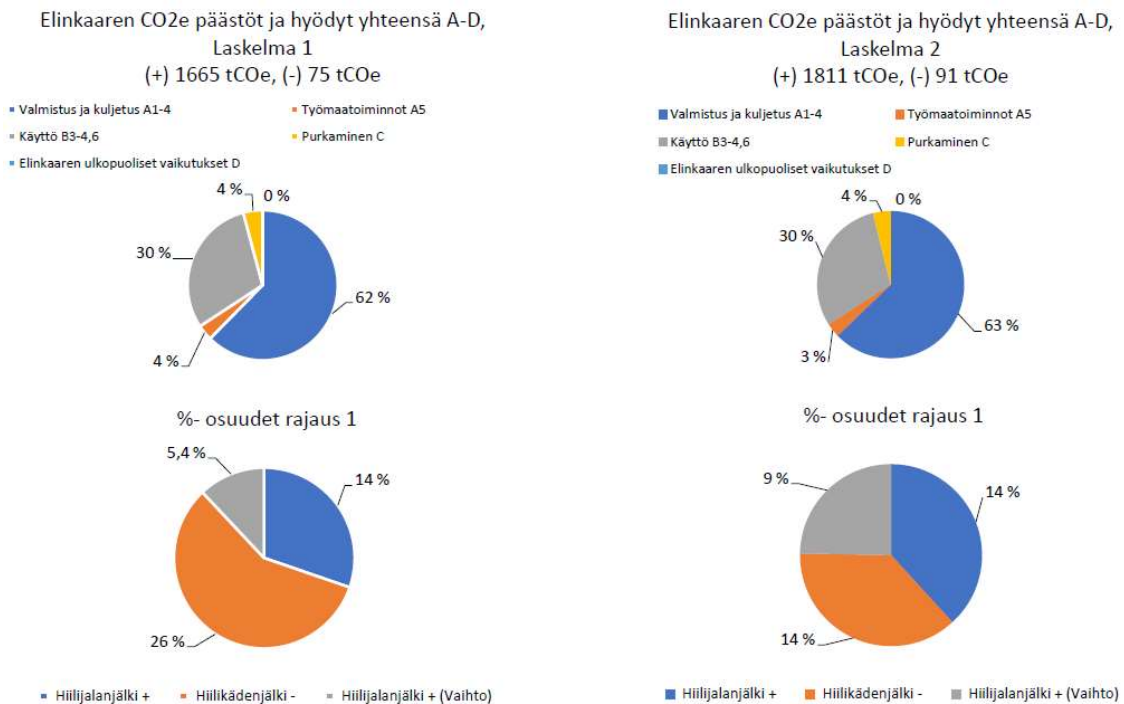
Kuva 27. Laskelma 1- yhteenveto (Liite 1/4, s. 3).

Kokonaispäästöjen ollessa 1665 tCO₂e tarkastelujakson aikana laskelmassa yksi on suurimpana päästölähteenä, huolimatta arvioinnin rakennesein liittyneestä litterointi ongelmosta kantavien rakenteiden osuus vaiheiden A1-A5 kohdalla (kts. s. 33). Kaiken kaik-

kiaan kantavat rakenteet kattavat noin 61 % kaikista valmistuksen, kuljetuksen ja työmaatoiminnan aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Hiilikädenjäljessä näkyvät erityisesti puurakenteet vesikatossa ja ylläpohjarakenteissa, jotka kohdistuivat kevyisiin rakenteisiin sekä materiaaleihin sitoutuneen hiilen vähyys hiilikädenjäljen jäädessä vain neljään prosenttiyksikköön hiilijalanjäljestä. Ennustettava ja johdonmukainen lopputulos, sillä pääasiallisen runkomateriaalin ollessa betoni on sen suuren tilavuuspainon ja massan seurauksena sillä oletettavasti myös suuri hiilijalanjälki. Sementtipohjaisille rakenteille on teoriassa mahdollista laskea hiilinielu luonnollisen karbonatisoitumisen vaikutuksesta. Aihe on kuitenkin hyvin tuorekäsitemateriaali ja tutkimustieto sen tiimoilta varsin vähäinen. Tämän vuoksi sitä ei työssä sementtipohjaisten tuotteiden ja rakenteiden kohdalla huomioida tai tarkastella sen tarkemmin. Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti karbonatisoituminen olisi mahdollista huomioida arvioinnissa vain, jos sementtiä sisältävien tuotteiden elinkaaren aikana tehtävät karbonatisoitumisesta johtuvat korjaukset otettaisiin huomioon hiilijalanjäljen laskennassa. (YM, 2019.a, s. 32) Kohteen Järvenpään Hyvinvointikampus käyttöikä oletus ja tarkastelujakson pituus ei täten antaisi huomioimiseen edes mahdollisuutta.

Kumulatiiviset päästöt osoittavassa kaaviossa puolestaan selvästi materiaalien ja rakentamisesta muodostuvan hiilijalanjäljen jyrkän kulmakertoimen kahden ensimmäisen vuoden aikana. Se kuvaa hiilijalanjäljen nopeaa kertymistä rakentamiseen ja sen päätökseen saakka, kunnes suora muuttuu lähes vaakasuoraksi, joka osoittaa käyttöajan hyvin pieniä kasvihuonekaasupäästöjä. Pienet muutokset 25 - ja 50 vuoden kohdilla osoittavat materiaalien käyttöään tulleen päätökseen ja niiden korjauksesta ja vaihdosta syntyviä päästöjä. Energiankäytössä kumulatiivinen päästökuvaaja osoittaa loivan, mutta tasaisen kulmakertoimen avulla päästöjen kertymän pysyvän elinkaarenaikana suhteellisen vakiona ja tulevaisuudessa ennustettu energiamuotojen muutos vähäpäästöisemmäksi on nähtävissä kulmakertoimen loiventumisena tarkastelujakson loppua kohden lähes tyttäessä.

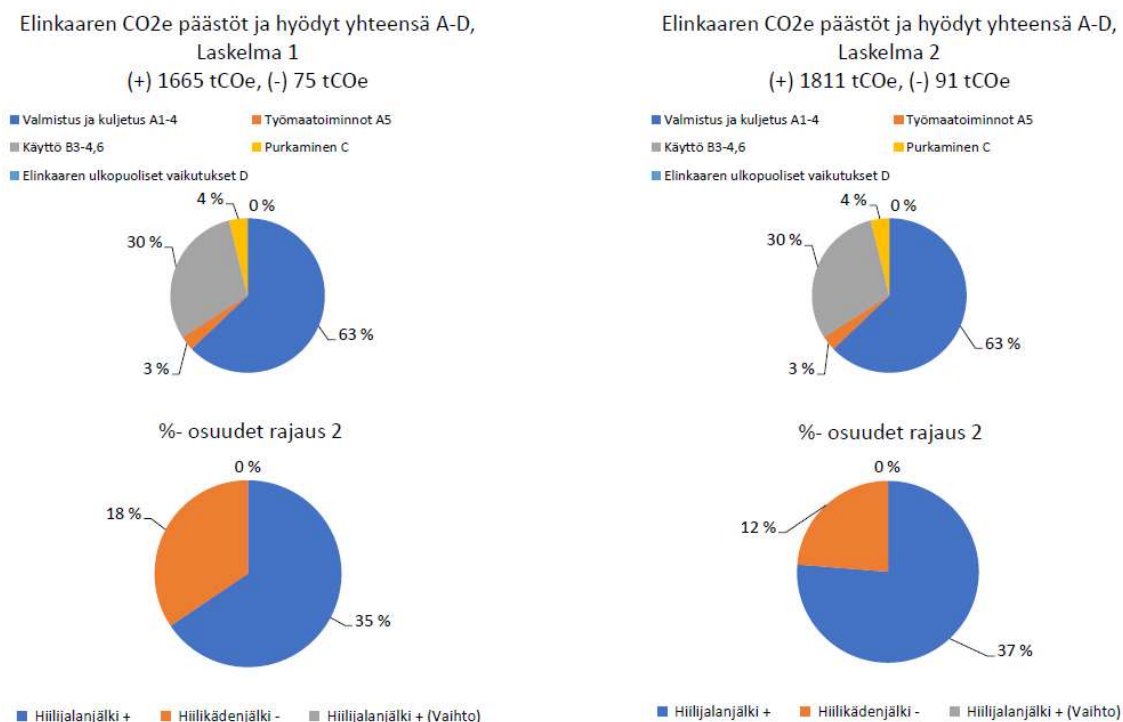
Kuvassa 28 on nähtävissä rajauksen yksi ja keskinäisen vertailun laskelmien yksi ja kaksi välille muodostuneet tulokset.



Kuva 28. Rajaus 1 (Liite 4/4, s. 1).

Nähtävissä on, että 62-63 % koko elinkaaren CO₂e päästöissä muodostuu vaiheissa A1-A4 materiaalien valmistuksesta ja kuljetuksesta. Detaljien kohdalla tarkemmat ympäristöselosteiden mukaiset arvot vaikuttivat suurimmin vaihdosta muodostuvaan hiilijalanjälkeen. Detaljien ja erityisesti pintamateriaalien käyttöikäsuunnittelulla on laadittujen arviointien valossa jokseenkin pieni, mutta mitattava vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen rakennuksen elinkaaren aikana. Suurin yksittäinen vaikutus oli useiden materiaalien suurehkot hiilijalanjäljet, kun laskenta suoritettiin tuotteen omilla ja ympäristöselosteiden mukaisilla arvoilla. Kasvua hiilijalanjäljessä kertyi laskelmasta yksi laskelmaan kaksi vertaessa noin 16 %.

Rajauksessa kaksi on vertailussa Tekla Structures -mallin mukaisten määrä- ja massatietojen vaikutukset koko rakennuksen elinkaaren aikana aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin. Päästöjen jakauma ja tästä seuranneet tulokset on esitetty diagrammein kuvassa 29.



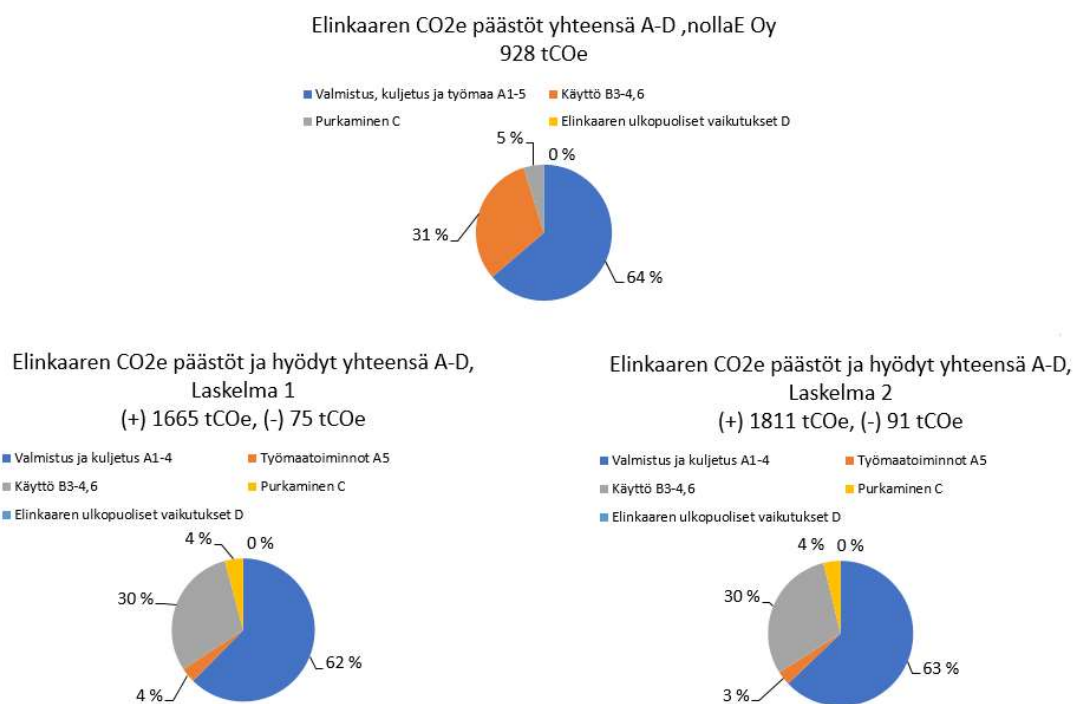
Kuva 29. Rajaus 2 (Liite 4/4, s. 1).

Oletuksena oli, että päästöjen jakaumassa tapahtuisi suuria muutoksia, sillä Tekla Structures -mallin keskittyessä rakennesuunnittelun vastuualueisiin ja tällöin erityisesti kantaviin rakenteisiin on päästöjenosuuden oletettua kasvaa. Rajaukset osoittavat tämän myös lukujen avulla selkeästi. On kuitenkin hyvä huomata, että edelleen 63-65 % hiilijalanjäljestä muodostuu muista, kuin Tekla Structures -tietomalliin kuuluneista rakenteista ja osista. Muutos hiilikädenjäljessä on seurausta elinkaaren ulkopuolisten hyötyjen lisäämisestä mukaan arviointiin. Tällöin hiilikädenjäljen kokonaismäärän kasvaessa on suora tietomallinmukaisten rakenneosien osuus oleva pienempi. Molemmissa tapauksissa oletetaan rakenneosien määrän pysyvän muuttumattomana.

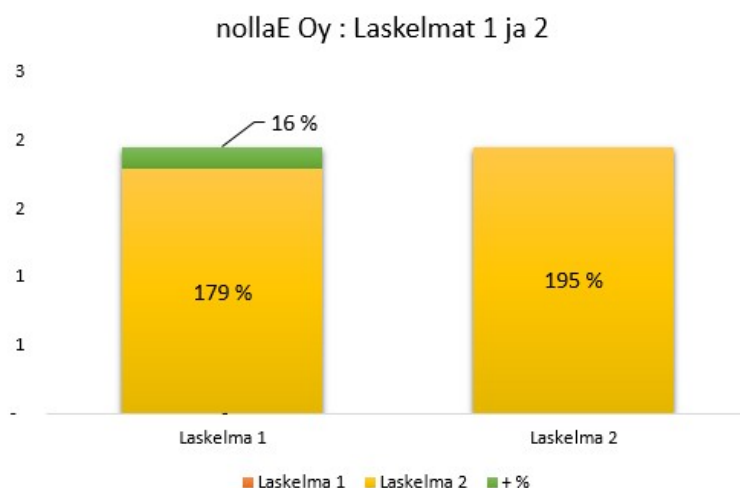
Kaikkien rajausten kohdalla näkyy myös arviointimenetelmän keskeneräisyys. Erityisesti rakenneosien kohdentamisessa täsmällisesti oikeisiin kohdealueisiinsa ja keskeneräisen päästötietokannan vaikutuksilla materiaalivalintoihin, on tämänhetkisessä arvioinnissa liian suuret vaikutukset epävarmuustekijöiden ja virheiden mahdollistajana.

Kolmannessa tarkastelussa vertailu kohdistui nollaE Oy:n aikaisemmin Järvenpään Hyvinvointikampuksen päiväkodista laatimaan arvioon sen elinkaarenaikaisista päästöistä. (nollaE Oy, 2019) Ennen keskinäistä vertailua oli kuitenkin selvitettävä laskelmien välillä ollut suuri ristiriita lopputuloksien välillä. Alkuperäinen vertailulaskelma, kun oli tuottanut tulokseksi 358-390 % suuremman elinkaarenaikaisen CO₂e päästön, työssä laskettiin tuloksiin verrattaessa. Eron ollessa näin suuri oli sen jatkoselvittäminen tarpeen. Lopulta selvittäminen tuotti tulokseksi, että laskelmassa oli nollaE Oy:n osalta selvä virhe, jossa työmaatoimintojen A5 -ja C1 purkuosan kohdalla laskennassa oli unohdettu

suorittaa tarvittava jakolasku tarkasteluajanjaksoa käyttäen. Tämän jälkeen laskelmien keskinäinen vertailu vastasi paremmin oletuksia ja tulokset ovat nähtävillä kuvissa 30 ja - 31.



Kuva 30. Vertailu (Liite 4/4, s. 2).



Kuva 31. Vertailu (Liite 4/4, s. 2).

Laskelmien välillä oleva suuri 179 - ja 195 %:n ero on jokseenkin linjassa oletuksen kanssa, jossa arvioitaessa kohteen elinkaaren hiilijalanjälkeä on sen lähtötietojen puutteellisuus ja osien rajaaminen arvioinnin ulkopuolelle tuottava hyvinkin suuria keskinäisiä eroja laskelmien välille. Käyttövaiheessa näkyy arvioinnissa käyttämäni Energiatodistus (Rejlers Finland Oy, 2020.c), jonka tarkkojen arvojen huomioiminen ei kuitenkaan ostosenergian kohdalla tuota merkittäviä eroja arviointien välille. Se kuvaa erittäin hyvin energiantehokkuuden kasvua ja energiantuotantotapojen muuttumista koko ajan vähäpäästöisempään suuntaan. Käyttövaiheen päästöjen osuus ei tämän tiedon valossa ole elinkaarenaikaisia päästöjä ajatellen kriittisin osa-alue. Arviointi voitaisiin hyvinkin tarkasti suorittaa jo hankkeen alkuvaiheessa, ja ero verrattuna tarkkoihin laskelmiin rakennuksen energiankulutuksesta olisi silti varsin pieni.

Laskelmien yksi – ja kaksi välinen 16 %:n ero on oikein hyvä osoitus hiilijalanjäljen arvioinnin nykytilasta. Tämän eron muodostamiseksi tehtyjen muutoksien ja erojen ollessa hyvin pieniä, herää erityisesti kysymys arvioinnin tarkkuudesta ja toistettavuudesta. Toisaalta osoittaa se myös tulevaisuuden skenaarion, jossa arviointimenetelmän kehittäminen kasvattaa sen luotettavuutta, toimintaa ja tarkkuutta. Tulevaisuudessa olisikin mahdollista, että arvioinneissa suoritettujen toimenpiteiden tavoin pystyisivät kohteen suunnittelijat yhdessä hallitsemaan ja ohjaamaan helposti kohteen materiaali -ja rakennusratkaisuilla sen koko elinkaaren ajan kasvihuonekaasupäästöjä.

12 POHDINTA

Mitä hyötyä yritykselle on olla vihreä? (Downey, M,(ed),2011) Nyt opinnäytetyön jälkeen uskon lauseen tarkoittavan yrityksille tulevaisuudessa markkinavalttia. Yritykset tulevat kilpailemaan jatkossa hiilijalanjäljellä ja sen vähyyys voisikin olla jatkossa merkittävä yksittäinen tekijä tarjouksia laadittaessa. Tilaajat tulevat varmasti odottamaan sen tarjoamista heille palveluna ja kiinnittämään siihen huomiota myös tarjouskilpailuissa, jo hankkeen alkuvaiheista lähtien. Yrityksien olisikin erityisesti pidettävä mielessä sen tarpeet henkilöstön ammattitaidon kehittämisessä, uusien projektiohjeiden muokkauksessa, joilla paremmin otetaan huomioon hiilijalanjälki ja rakennuksen koko elinkaari. Tämänhetkisen tiedon ja opinnäytetyöni pohjalta nostaisinkin esiin suunnittelijan silmissä hiilijalanjäljen arvioinnin kannalta:

- Tietomallien hyödyntämisen ja kehittämisen arvioinnin tarpeisiin ja sen tueksi.
- Massatietojen keräämisen ja raportoinnin helpottamisen.
- Päästövähennyksien kohdistamisen erityisesti kantaviin rakenteisiin sekä suurimpiin massakeskittyymiin.
- Ympäristöselosteiden käytön ja suunnitteluvaihtojen ohjaamisen niitä hyödyntäen.
- Materiaalien kierrätystä – ja uudelleenkäyttöä elinkaaren lopussa sekä muita hyötypotentiaaleja unohtamatta.

Näistä selvänä pääkohtana ollessa tietomallien hyödyntäminen hiilijalanjäljen arvioinnissa. Kehitystyön olisi hyvä tähdätä sellaiseen tilanteeseen, jossa tietomallista pystytäisiin tuottamaan valmiita määrä- ja massalueteloita arvioinnin tarpeisiin. Tietomallinusoelman kytkentä laskemaan tarvittavat rakenneosat, ja linkittämään tämä raporttoimaan tiedot esimerkiksi Excel-tiedostoon, olisi avainasemassa hiilijalanjäljen arvioinnin helpottamisessa, sujuvoittamisessa ja työn nopeuttamisessa. Tietojen keruun automatisointi vähentäisi myös inhimillisen virheen mahdollisuutta, jonka vaikutukset tulivat hyvin esiin laskelmien välisinä eroina nollaE Oy:n laskelman avulla. Arvioinnin kannalta mitä enemmän tietoja joudutaan niiden alkuperäisen lähteen jälkeen muuntamaan erimuotoihin, määrittämään erilaisten suhteiden tai - verrantojen avulla, approksimoimaan tavalla tai toisella, tulee heikentämään lopullista tulosta ja arvioinnin kokonaistarkkuutta merkittävästi.

Projektin eri suunnitteluosapuolien on myös pystyttävä tuottamaan jatkossa määrälis-tojen sijaan massalistoja. Tämän seikan kohtasin opinnäytetyössä liiankin usein. Urakka-laskentaa varten laaditut määräluettelot ovat hyviä apuvälineitä, mutta eivät kuitenkaan ole hyvä tapa hiilijalanjäljen arvioinnin kannalta, sillä massatietojen puuttuessa niistä kokonaan on tämän seurauksena hiilijalanjäljen arvioijan määritettävä jokaisen määrän aiheuttama massa yksi kerrallaan. Tämänkaltainen työtapa taas on erittäin aikaavievä ja epäluotettava. Erilaisten tietolähteiden kokoaminen laskijan kannalta helposti - ja nopeasti saataville, ympäristöselosteiden käytön ja erityisesti niiden vaikutuksien oppimisen, kun hiilijalanjälkeä halutaan hallita, nostaisin myös esiin. Yhteistyökumppaneihin ja materiaalitöimittäjiin on syytä perehtyä hiilijalanjäljen kannalta uudesta näkökulmasta, ja suunnittelijan olisikin jatkossa osattava arvioida suunnittelussaan käyttämiään tuotteita ja ratkaisuja myös hiilijalanjäljen kannalta. Ympäristöselosteiden avulla tämä tulee jatkossa olemaan helpompaa, ja erilaisia valmistajia sekä samankaltaisia tuotteita voidaankin vertailla keskenään niiden aiheuttaman elinkaaren ympäristövaikutuksen suhteen. Suunnittelija voisikin tällä tavoin muodostaa kohteeseen optimaalisen ratkaisun materiaalivalintojen avulla ja saavuttaa näillä halutun hiilijalanjäljen ilman, että rakennuksen laatu tai ominaisuudet kärsisivät. Ei myöskään ole yhdentekevää arvioidaanko hiilijalanjälkeä hankkeen alkuvaiheessa vai jo suunnittelun ollessa rakenteiden ja detaljienkin osalta pitkällä. Projektien sisällä tämä tulee erityisesti tarkoittamaan kaikkien osapuolien ja suunnittelutahojen tiiviimpää ja parempaa yhteistyötä.

Tämänhetkisen tiedon ja opinnäytetyöni valossa on rakennusten hiilijalanjäljen arviointi hyvässä, mutta keskeneräisessä vaiheessa. Sen käyttäminen oli arvioinnin tuottamiseksi ja alun takertelujen jälkeen suhteellisen sujuvaa. Ottaen huomioon, että sen kehitystyö on vielä pitkälti kesken ja monet toiminnot arviointimenetelmän sisällä kaipaavat vielä hiomista, monipuolistamista ja testausta. Unohtamatta arviointeja todellisten projektien ja - kohteiden avulla. Arviointimenetelmän ehkä kriittisin virhe kohdistuu laskennan toistettavuuteen, joka ilman pienimuotoista onnea on tällä hetkellä lähes mahdotonta.

Näistä seikoista huolimatta tulevaisuus näyttää kuitenkin oikein hyvältä niin kansallisen arviointimenetelmän jatkokehityksen kuin rakennuksien suunnittelusta vastaavien toimijoidenkin kannalta. Tämän myötä koen, että mahdollisuus konkreettisiin kasvihuonekaasupäästöjen leikkauksiin rakennusalalla ja Suomessa on yhden askeleen lähempänä.

Jatkotoimenpiteenä pidän mahdollisena työstä toteutettavaa arviota. Erityisesti ajatellen arviointimenetelmän myöhempää kehitystyötä, käsitteli opinnäytetyö aidossa tilanteessa, aidoilla työmenetelmillä sekä aidon kohteen avulla hiilijalanjäljen arviointia. Ympäristöministeriölle tämänkaltainen arvio olisikin varmasti erittäin arvokas ja - tervetullut.

Mitä tulee työlle asetettuihin tavoitteisiin, koen niiden realisoituneen erittäin hyvin työn lopputuloksissa. Tilaajan kannalta opinnäytetyö tuo esiin ongelmakohtia arvioinnin laadinnassa nykyisillä työmenetelmillä ja auttaa niiden kehittämisessä. Omat tavoitteeni työ puolestaan ylitti moninkertaisesti. Alkujaan työnaiheen olin ajatellut haastavaksi, joka työn edetessä osoittautui myös täysin todenmukaiseksi olettamukseksi. Haasteellisuus ei tästä huolimatta ole aina pahasta vaan usein se on eteenpäin vievä voima ja mahdollisesti syy aiheen valinnalle ylipäänsä.

Aiheita valitessani olinkin, jo ehtinyt hylkäämään alkumetreillä monia, juuri ed. seikan vuoksi. Pidän haasteiden asettamisesta ja siitä, että maaliviivan saavutettuaan ja eteen tulleet haasteet voitettuaan tuntee työllä saavuttaneensa myös jotain. Työ ei ehkä olisikaan vain yksi muiden joukossa.

Lopuksi tahdon vielä kiittää työntilaajaa Vahanen Suunnittelupalvelut Oy:tä, Hämeen ammattikorkeakoulua, Järvenpään kaupunkia tutkimusluvan myöntämisestä, opinnäytetyöni ohjaajia Kirsi Kemppistä ja Jenni Ypyää sekä unohtamatta työntaustalla toimineita mentoreita, joista kaikki ovat omalla toiminnallaan olleet mahdollistamassa opinnäytetyön läpiviemisen ja - valmistumiseni.

LÄHTEET

Areite Oy. (2019). Otos määrälaskentaluettelosta aikataululaskentaa varten. Yrityksen sisäinen materiaali

Astro.utu. (n.d.a). Kasvihuoneilmiö havainne kuva. Haettu osoitteesta <http://www.astro.utu.fi/zubi/atmosph/greenh.htm>

Astro. utu. (n.d.b). Kasvihuoneilmiö. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <http://www.astro.utu.fi/zubi/atmosph/greenh.htm>

Bionova Oy. (2017). Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Haettu 3.3.2020 osoitteesta [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Selvitys_rakennusten_hiilijalanjaljen_va\(43779\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Selvitys_rakennusten_hiilijalanjaljen_va(43779))

Building sustainability performance - Level(s). Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>

Cronvall Oy. (n.d). Aitaelementti Nylofor 2D-Super. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.cronvall.fi/Aitaelementti-Nylofor-2D-SUPER-8/6/8mm-1430-x-2500mm-RAL-7016-Antrasiitinharmaa>

Downey, M. (ed.). (2011). *Mitä järkeä olla vihreä?* Suom. Nina Valjakka. (2012). Toim. Jaana Palanterä. Helsinki: Perhemediat.

Earthobservatory.nasa. Taulukko prosenttiosuuksista, jotka Maan ilmakehän kaasut absorboivat elektromagneettisesta säteilystä tietyllä aallonpituudella. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Tyndall>

eur-lex.europa.eu. (2018). Komission tiedonanto. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-FI/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

European Union. (2016). Infografiikka- ilmastonmuutos: miten EU toimii? Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/paris-agreement-tools-info/>

Geberit Oy. (n.d). IDO-vesikalusteet .Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.ido.fi/#gref>

Geopalvelu Oy. (2019). Perustamisolosuhdeselvitys. Työ No. 19075. Yrityksen sisäinen materiaali

GHS Group Oy. (2019). Etävalvonta. AU- työselitys. Dokumentin. No. 003. Yrityksen sisäinen materiaali

Goodreads. (2019). Pale Blue Dot Quotes. Haettu 3.12.2019 osoitteesta <https://www.goodreads.com/work/quotes/1816628-pale-blue-dot-a-vision-of-the-human-future-in-space>

History. (2018). Artikkele. Climate Change History. Haettu osoitteesta <https://www.history.com/topics/natural-disasters-and-environment/history-of-climate-change>

Ilmastolaki 609/2015. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150609>

Ilmasto- opas. (2017). Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/60d35ca2-9874-406e-bb9f-608e5b60746d/mittaukset-kertovat-ilmaston-muuttuvan.html>

ipcc.ch. (n.d). Tähänastiset ihmisen aiheuttamat ilmastojärjestelmän epätasapainoon johtavat säteilypakotteet diagrammilla esitettynä. IPCC: n työryhmän neljäs raportti vuodelta 2007. figure SPM.2. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-spm-1.pdf>

Jalosteel Oy. (n.d). LV-tuotteet. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://jalosteel.fi/>

Jupalco Oy. (n.d). RK-painoja. Tiedot saatu sähköpostina M. Palmulta 27.2.2020

Keimfarben GMBH. (2017). Silikaattipohjaisten ulkomaalien ympäristöseloste. Haettu 4.3.2020 osoitteesta https://www.keim.com/fileadmin/user_upload/downloads/environmental-product-declarations/epd-silicate-external-paint-systems.pdf

Konsulttitoimisto Energys Oy. (2019). Maalämpökentän rakentamistapaselostus. Piir. No. LVI 515 10. Yrityksen sisäinen materiaali

Lektar Oy. (n.d). Eläinverkot. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.lektar.com/rakentaminen/rakennustarvikkeet/aidat-ja-verkot/elainverkot-29-07-2015-12-40-44>

Meltex Oy. (2020). Muoviputket. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.meltex.fi/fi>

Mestarioiminta Oy. (2018). Kestävän kehityksen ohjaustyökalu. Yrityksen sisäinen materiaali

nollaE Oy. (2019). Elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta. Yrityksen sisäinen materiaali

Onninen Oy. (2020). Maalämpö kokoomakaivo Uponor. Haettu 21.3.2020 Osoitteesta <https://onnshop.onninen.fi/uponor-maalampo-kokoomakaivo-uponor-4x40-63-pem-saatoventtiilein/p/AFC851>

Oras Oy. (2019). Vesi- ja viemärijärjestelmien päätelaitteita. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.oras.com/fi/etusivu/>

Pielisen betoni Oy. (2019). Ontelolaatan asennusohje pdf. <https://www.pielisenbetoni.fi/tekniset-tiedot/suunnitteluohjeet/>

Raami Arkkitehdit Oy. (2019). Näkymäkuvat ARK 005-05. Yrityksen sisäinen materiaali
Rantamäki, M., Jääskeläinen, R., Tammirinne, M. (2009). *Geotekniikka*. Helsinki: Haka-paino Oy

Rakennusteollisuus. (n.d). E-lukulaskuri pien- ja kerrostaloille. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.rakennusteollisuus.fi/rakenteellinenenergiatehokkuus>

Rejlers Finland Oy. (2020.a). Sähköisen talotekniikan järjestelmäkuvaus. Piir. No. S001. Yrityksen sisäinen materiaali

Rejlers Finland Oy. (2020.b). Vesikalusteluettelo. Piir. No. LVI G26-001. Yrityksen sisäinen materiaali

Rejlers Finland Oy. (2020.c). Energialaskelmat. Yrityksen sisäinen materiaali

Rudus Oy. (n.d). Suojakaivot. Haettu 21.3.2020 osoitteesta <https://www.rudus.fi/tuotteet/kaivot-ja-putket>

SFS-EN 1991-1-1. (2003). Rakenteiden kuormat. osa 1-1. Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Sitra. (2018). Hiilidioksidi päästöjä ei voi korvata muilla päästöillä. Haettu 27.2.2020 osoitteesta <https://www.sitra.fi/blogit/hiilidioksidipaastojen-leikkauksia-ei-voi-korvata-muilla-toimilla/>

SteelPro. (2020). Lasikaideprofiili LK112, säädettävä lasi. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <https://www.steelpro.fi/fi/product/lasikaideprofiili-lk112/>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2014). RIL 255-1 Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Tammerprint Oy

Talokaivo Oy. (n.d). Kaivojen painot. Tiedot saatu sähköpostina M. Tanskaselta 13.2.2020

The Phrase Finder. (2019). Sanonta.” The Devil is in the details”. Haettu 3.12.2019 osoitteesta <https://www.phrases.org.uk/meanings/the-devil-is-in-the-details.html>

Tilastokeskus. (2019). Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat vuosina 1990-2018. Julkaistu 12.12.2019. Haettu 27.2.2020 osoitteesta https://tilastokeskus.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-12-12_tie_001_fi.html

Vahanan Suunnittelupalvelut Oy. (2019.a). Perustusleikkaus. Kantava sw-ulkoseinä, sisäkuori 150 mm. Piir.No. APD-01. Yrityksen sisäinen materiaali

Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. (2019.b). Yläpohjaleikkaus. Sivuräystä. Sandwich-ulkoseinä, sisäkuori 150 mm. Piir.No. YPD-01. Yrityksen sisäinen materiaali

Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. (2019.c). Yläpohjaleikkaus. IV-konehuone. Vesikaton liittymä IV-konehuoneen seinään, tuulettuva. Piir.No. YPD-08. Yrityksen sisäinen materiaali

Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. (2019.d). NR-ristikoiden nurjahdustuenta. Vesikatto osa 2. Mittapiirustus. Piir.No. 30042. Yrityksen sisäinen materiaali

Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. (2019.e). Kahi-seinädetaljit. Kahi-väliseiniä rakennetyiskohtat. Harkkoseinä, kantamaton, välipohjaliitos, sivuttaistuenta. Piir.No. 01. Yrityksen sisäinen materiaali

Vahanen Suunnittelupalvelut Oy. (2019.f). Betoni SW-elementtiliitos ulkonurkka. Elementtien liitosdetaljit. Piir.No. EL-1. Yrityksen sisäinen materiaali

Valtanen, E. (2016). *Tekninen Taulukkokirja*. Mikkeli: St Michel Print Oy

VALTO. (n.d). Energiakaivo. Maalämmönhyödyntäminen pientaloissa. Haettu 20.3.2020 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VTT. (2018). Rakennusten khk- päästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi. Haettu 3.3.2020 osoitteesta <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2018/T324.pdf>

Ympäristöministeriö. (2019.a). Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä. Julkaisu 2019:22. Haettu 27.2.2020 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyiden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ympäristöministeriö. (2019.b). Kuvakaappaus arviointityökalun kohdasta Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B). Haettu 18.3.2020 osoitteesta https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Rakennuksen_vahahiilisyiden_arviointimenetelma

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Käyttöohje

Tämä arviointityökalun luonnosversio on tarkoitettu rakennusten hiilijalanjäljen laskentamenetelmän testausta varten. Työkalua ja sen liitteenä olevia päästötietoja kehitetään testauksen jälkeen.

Avoimen työkalun tarkoituksena on tukea ja edistää elinkaarilaskennan käyttöä rakennushankkeen valmistelussa, suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennusten käytön aikana. Tämä työkalu on tarkoitettu rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen arviointiin ensisijaisesti silloin, kun käytetään ympäristöministeriön yksinkertaistettua arviointimenetelmää. Työkalua voidaan käyttää myös tarkennetulla arviointimenetelmällä tehtyjen laskelmien raportointiin. Arvioinnit voi tehdä myös muilla soveltuvilla työkaluilla.

Työkalun sisältö

Työkalun eri välilehdillä kerätään tietoa hankkeesta ja sen elinkaarivaikutuksista seuraavasti:

Yhteenveto: Kohteen perustiedot ja arvioinnin tulokset

Materiaaliluettelo: Rakennuksessa käytettyjen materiaalien luettelo

Valmistu, kuljetus, työmaa (A): Valmistuksen, kuljetuksen ja rakentamisen päästöt

Käyttö (B): Korjausten ja energiankulutuksen arviointi

Elinkaaren loppu (C+D): Purkamisen ja jätteiden käsittelyn arviointi

Tietojen laatu: Käytetyn lähtötiedon luotettavuuden arviointi

Materiaalilien päästötiedot: Työkalussa käytettävien hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen kertoimet

Laskentatietojen syöttäminen

Syötä tiedot harmaisiin soluihin

Työkaluun syötetään tietoja harmaalla pohjalla oleviin soluihin. Muut solut ovat lukittuja.

Valmiit taulukkoarvot sinisissä soluissa

Yksinkertaistetussa menetelmässä suurin osa laskennan tiedoista tulee pinta-alaan perustuvista taulukkoarvoista. Tällaiset kohdat työkalussa on esitetty vaaleansinisellä värillä, eikä niitä voi muokata.

Tarkempia tietoja voi syöttää vihreisiin soluihin

Jos haluat korvata taulukkoarvoja tarkemmilla hankekohtaisilla tiedoilla, syötä nämä tiedot vihreisiin soluihin. Taulukkoarvon vieressä olevaa "korvaa taulukkoarvot" -nappia painamalla aukeaa uusi tietokenttä tätä varten. Vaalean vihreisiin soluihin syötetyt arvot korvaavat oletuksena olevat taulukkoarvot. Muista toimittaa liitteenä kirjallinen selvitys, mihin tietoihin tarkentavat laskelmasi perustuvat.

Korvaa taulukkoarvot
tarkemmilla tiedoilla

Käyttöoikeus ja vastuuvapaus

Työkalu on tehty yhteistyössä Green Building Council Finland (GBC) kanssa. Työkalu on käytettävissä veloituksetta. Työkalun luonnosversio on tarkoitettu ainoastaan arvioinnin testausta varten.

Ympäristöministeriö tai GBC ei vastaa mistään vahingoista, jotka mahdollisesti aiheutuvat arviointityökalun käyttäjälle tai muulla taholle arviointityökalua käytettäessä tai muuten sovellettaessa siinä olevia tietoja, toimintamalleja tai esimerkkejä.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Yhteenveto

Lähtötiedot		
Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Hyvinvointikampuksen päiväkoti
	Rakennustunnus	186-6-638-11
	Osoite	Lääkärinkuja 11, 04410 Järvenpää
	Rakennustyyppi	Opetusrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [km ²]	2 206
	Lämmitetty nettoala [m ² _{netto}]*	2 071
	Kerrosten lukumäärä	3
	Kellarikerrosten lukumäärä	
	Pääasiallinen runkomateriaali	Betoni
	Energialuokka	A
Laskennan tiedot	Laskenta-ajanjakso*	50
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2021

*pakollinen tieto

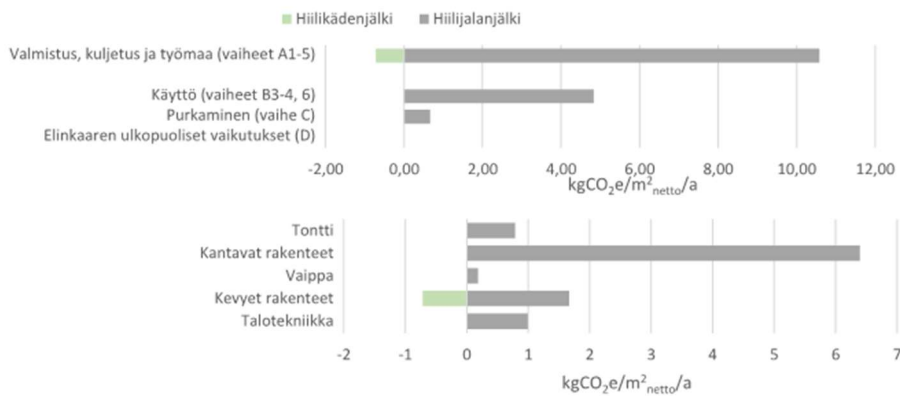
Arvioinnin tekijät

	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Martti Virtanen	
Yritys	HAMK	
Koulutus	AMK, Rakennusinsinööri opiskelija	
Päivämäärä	3.2.2020	

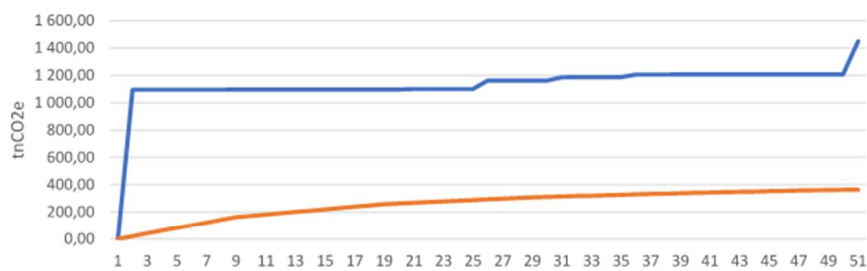
Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	1 665	-74
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	16,08	-0,72
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	10,58	-0,72
Tontti	0,79	
Kantavat rakenteet	6,40	0,00
Vaippa	0,19	
Kevyet rakenteet	1,67	-0,72
Talotekniikka	0,99	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	4,83	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)

	Hiilijalanjälki kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	Hiilikädenjälki kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä	10,58	-0,72
Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)	10,03	-0,72
Tontti	0,79	
Kantavat rakenteet	6,40	0,00
Vaippa	0,19	
Kevyet rakenteet	1,67	-0,72
Talotekniikka	0,99	

Valmistusvaiheen päästöjen tulokset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluettelo' annettujen arvojen perusteella.

Työmaatoiminnot (A5)	0,55	
----------------------	------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)

		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
		kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		4,83	
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m ² _{netto} /a)	3,71	
Sähkö	81,10	3,71	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet	43,00		
Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m ² _{netto} /a)		
Sähkö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö
Lämpö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö

Syötä yllä olevaan listaan rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergian kulutus energiaselvityksen tai vastaavan laskelman pohjalta. Energiankäytön päästöt muodostuvat automaattisesti eri energiamuotojen päästötietojen perusteella, kun kulutus on syötetty. Energiamuotojen päästökertoimia ei voi muuttaa.

Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Elinkaaren lopun päästötiedot

	Hiilijalanjälki kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	Hiilikädenjälki kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Elinkaaren lopussa syntyvät päästöt yhteensä	0,67	
Purkaminen (C1) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,16	
Kuljetukset (C2) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,20	
Purkujätteen loppukäsittely ja sijoitus (C3-4) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,31	
Elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt (D) Jos uudelleenkäytön tai kierrätyksen avulla vältetyt nettopäästöt on laskettu, syötä tarkemmat tiedot oheisen painikkeen avulla. Muussa tapauksessa elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia ei huomioida.		

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Tietojen Laatu****Tietojen laatu**

Arvioinnissa käytettävien tietojen laatu tulee arvioida, jos arviointi tehdään käyttäen ns. tarkennettua menetelmää. Yksinkertaistettua menetelmää käytettäessä tätä välilehteä ei tarvitse täyttää.

Alla ehdotettu lähtötietojen arviointitapa perustuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään.

Elinkaaren vaiheet	Maan-			Epävarmuus	Yhteensä	Vähimmäisvaatimukset
	Teknologinen edustavuus	tieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus			
A1–3 Tuotteiden valmistus						Tiedot vähintään tasoa 2
A4 Kuljetus työmaalle						Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5 Työmaan toiminnot						Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B3–4 Korjaukset ja vaihdot						Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B6 Energian kulutus						Tiedot vähintään tasoa 2
C1 Purkutyöt						Ei vähimmäisvaatimuksia
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn						Ei vähimmäisvaatimuksia
C3 Jätteenkäsittely						Ei vähimmäisvaatimuksia
C4 Loppusijoitus						Ei vähimmäisvaatimuksia
D Elinkaaren ulkopuoliset						Ei vähimmäisvaatimuksia
Yhteensä						

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys**

		1	2	3
Teknologinen edustavuus	Ei arvioitu	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia
Maantieteellinen edustavuus	Ei arvioitu	Tieto viittaa täysin erilaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Italia Suomeen sijaan)	Tieto viittaa samankaltaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Norja Suomeen sijaan)	Käytetty tieto viittaa tiettyyn maantieteelliseen kontekstiin
Ajallinen edustavuus	Ei arvioitu	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on yli 6 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on 2-4 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on alle 2 vuotta
Epävarmuus	Ei arvioitu	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa. Paikkansapitävyys ja täsmällisyys on arvioitu laadullisesti (esim. toimittajan ja prosessin operaattorin asiantuntija-arvio)	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa, joka on arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi, ja sitä tukee määrällinen epävarmuusarvio	Käytetään hankekohtaista ja valdoidua tietoa, jota voidaan pitää tyydyttävän paikkansapitävänä ja täsmällisenä (esim. tehty vahvistettu EPD)

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Ministry of the Environment**Selvitys käytetyistä lähteistä**

Kirjaa alla olevaan tilaan mistä lähteistä arvioinnissa käytetyt tiedot ja oletukset ovat peräisin.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Käyttöohje

Tämä arviointityökalun luonnosversio on tarkoitettu rakennusten hiilijalanjäljen laskentamenetelmän testausta varten. Työkalua ja sen liitteenä olevia päästötietoja kehitetään testauksen jälkeen.

Avoimen työkalun tarkoituksena on tukea ja edistää elinkaarilaskennan käyttöä rakennushankkeen valmistelussa, suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennusten käytön aikana. Tämä työkalu on tarkoitettu rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen arviointiin ensisijaisesti silloin, kun käytetään ympäristöministeriön yksinkertaistettua arviointimenetelmää. Työkalua voidaan käyttää myös tarkennetulla arviointimenetelmällä tehtyjen laskelmien raportointiin. Arvioinnit voi tehdä myös muilla soveltuvilla työkaluilla.

Työkalun sisältö

Työkalun eri välilehdillä kerätään tietoa hankkeesta ja sen elinkaarivaikutuksista seuraavasti:

Yhteenveto: Kohteen perustiedot ja arvioinnin tulokset

Materiaaliluettelo: Rakennuksessa käytettyjen materiaalien luettelo

Valmistu, kuljetus, työmaa (A): Valmistuksen, kuljetuksen ja rakentamisen päästöt

Käyttö (B): Korjausten ja energiankulutuksen arviointi

Elinkaaren loppu (C+D): Purkamisen ja jätteiden käsittelyn arviointi

Tietojen laatu: Käytetyn lähtötiedon luotettavuuden arviointi

Materiaalilien päästötiedot: Työkalussa käytettävien hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen kertoimet

Laskentatietojen syöttäminen

Syötä tiedot harmaisiin soluihin

Työkaluun syötetään tietoja harmaalla pohjalla oleviin soluihin. Muut solut ovat lukittuja.

Valmiit taulukkoarvot sinisissä soluissa

Yksinkertaistetussa menetelmässä suurin osa laskennan tiedoista tulee pinta-alaan perustuvista taulukkoarvoista. Tällaiset kohdat työkalussa on esitetty vaaleansinisellä värillä, eikä niitä voi muokata.

Tarkempia tietoja voi syöttää vihreisiin soluihin

Jos haluat korvata taulukkoarvoja tarkemmilla hankekohtaisilla tiedoilla, syötä nämä tiedot vihreisiin soluihin. Taulukkoarvon vieressä olevaa "korvaa taulukkoarvot" -nappia painamalla aukeaa uusi tietokenttä tätä varten. Vaalean vihreisiin soluihin syötetyt arvot korvaavat oletuksena olevat taulukkoarvot. Muista toimittaa liitteenä kirjallinen selvitys, mihin tietoihin tarkentavat laskelmasi perustuvat.

Korvaa taulukkoarvot
tarkemmilla tiedoilla

Käyttöoikeus ja vastuuvapaus

Työkalu on tehty yhteistyössä Green Building Council Finland (GBC) kanssa. Työkalu on käytettävissä veloituksetta. Työkalun luonnosversio on tarkoitettu ainoastaan arvioinnin testausta varten.

Ympäristöministeriö tai GBC ei vastaa mistään vahingoista, jotka mahdollisesti aiheutuvat arviointityökalun käyttäjälle tai muulla taholle arviointityökalua käytettäessä tai muuten sovellettaessa siinä olevia tietoja, toimintamalleja tai esimerkkejä.

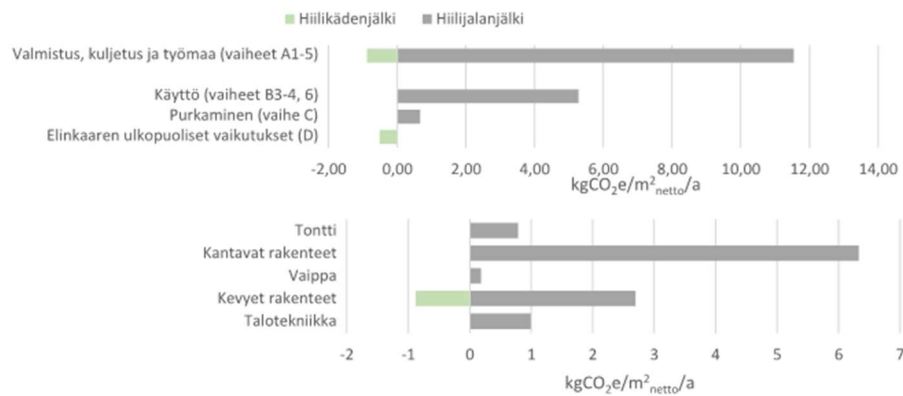


Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

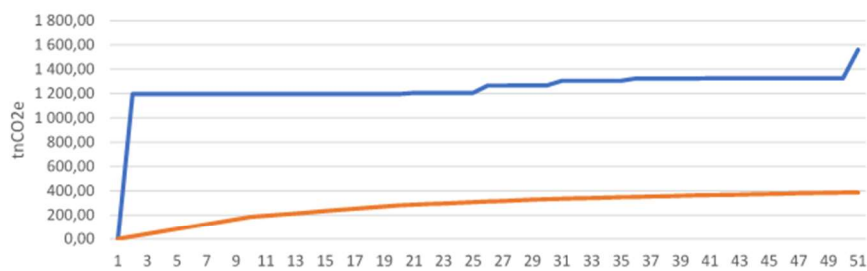
Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	1 812	-144
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	17,50	-1,39
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	11,54	-0,88
Tontti	0,79	
Kantavat rakenteet	6,33	0,00
Vaippa	0,19	
Kevyet rakenteet	2,70	-0,88
Talotekniikka	0,99	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	5,28	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		-0,51



Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)**

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä	11,54	-0,88
Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)	11,00	-0,88
Tontti	0,79	
Kantavat rakenteet	6,33	0,00
Vaippa	0,19	
Kevyet rakenteet	2,70	-0,88
Talotekniikka	0,99	

Valmistusvaiheen päästöjen tulokset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluettelo' annettujen arvojen perusteella.

Työmaatoiminnot (A5)	0,55	
-----------------------------	-------------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)

		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
		kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		5,28	
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m ² _{netto} /a)	3,94	
Sähkö	82,00	3,94	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet	43,00		
Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m ² _{netto} /a)		
Sähkö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö
Lämpö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö

Syötä yllä olevaan listaan rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergian kulutus energiaselvityksen tai vastaavan laskelman pohjalta. Energiankäytön päästöt muodostuvat automaattisesti eri energiamuotojen päästötietojen perusteella, kun kulutus on syötetty. Energiamuotojen päästökertoimia ei voi muuttaa.

Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.

Elinkaaren lopun päästötiedot

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Elinkaaren lopussa syntyvät päästöt yhteensä	0,67	-0,51
Purkaminen (C1) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,16	
Kuljetukset (C2) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,20	
Purkujätteen loppukäsittely ja sijoitus (C3-4) Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.	0,31	
Elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt (D) Jos uudelleenkäytön tai kierrätyksen avulla vältetyt nettopäästöt on laskettu, syötä tarkemmat tiedot oheisen painikkeen avulla. Muussa tapauksessa elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia ei huomioida.		-0,51
Elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt (D) tarkennettu laskenta		-0,51
Liite 1, määrä- ja massaluettelon laskelmat, s 29-33		

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Tietojen Laatu****Tietojen laatu**

Arvioinnissa käytettävien tietojen laatu tulee arvioida, jos arviointi tehdään käyttäen ns. tarkennettua menetelmää. Yksinkertaistettua menetelmää käytettäessä tätä välilehteä ei tarvitse täyttää.

Alla ehdotettu lähtötietojen arviointitapa perustuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään.

Elinkaaren vaiheet	Maan-			Epävarmuus	Yhteensä	Vähimmäisvaatimukset
	Teknologinen edustavuus	tieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus			
A1–3 Tuotteiden valmistus						Tiedot vähintään tasoa 2
A4 Kuljetus työmaalle						Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5 Työmaan toiminnot						Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B3–4 Korjaukset ja vaihdot						Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B6 Energian kulutus						Tiedot vähintään tasoa 2
C1 Purkutyöt						Ei vähimmäisvaatimuksia
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn						Ei vähimmäisvaatimuksia
C3 Jätteenkäsittely						Ei vähimmäisvaatimuksia
C4 Loppusijoitus						Ei vähimmäisvaatimuksia
D Elinkaaren ulkopuoliset						Ei vähimmäisvaatimuksia
Yhteensä						

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

**Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys**

		1	2	3
Teknologinen edustavuus	Ei arvioitu	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia
Maantieteellinen edustavuus	Ei arvioitu	Tieto viittaa täysin erilaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Italia Suomeen sijaan)	Tieto viittaa samankaltaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Norja Suomeen sijaan)	Käytetty tieto viittaa tiettyyn maantieteelliseen kontekstiin
Ajallinen edustavuus	Ei arvioitu	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on yli 6 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on 2-4 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on alle 2 vuotta
Epävarmuus	Ei arvioitu	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa. Paikkansapitävyys ja täsmällisyys on arvioitu laadullisesti (esim. toimittajan ja prosessin operaattorin asiantuntija-arvio)	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa, joka on arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi, ja sitä tukee määrällinen epävarmuusarvio	Käytetään hankekohtaista ja valdoidua tietoa, jota voidaan pitää tyydyttävän paikkansapitävänä ja täsmällisenä (esim. tehty vahvistettu EPD)

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Selvitys käytetyistä lähteistä**

Kirjaa alla olevaan tilaan mistä lähteistä arvioinnissa käytetyt tiedot ja oletukset ovat peräisin.

1

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Dimensiot joihin laskelmat perustuvat ovat DWG-kuvista mitattuja mittoja ja ne olivat valideja laskelmien laadinta hetkellä:

- 30041 VESIKATTO OSA 1 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 30042 VESIKATTO OSA 2 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 3052 Yläpohjan jäykisteet.dwg
- 3052 Yläpohjaleikkaukset.dwg
- 30011 1 KERROS KATTO OSA 1 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 30012 1 KERROS KATTO OSA 2 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 30021 2 KERROS KATTO OSA 1 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 30022 2 KERROS KATTO OSA 2 MITTAPIIRUSTUS.dwg
- 31021_31022 2.KERROS KATTO RAUDOITUSPIIRUSTUS.dwg
- 31011_31012 1.KERROS KATTO RAUDOITUSPIIRUSTUS.dwg
- 3051 Väliopohjaleikkaukset.dwg
- 2052 Anturatyypit.dwg
- 2051 Perustusleikkaukset.dwg
- 3061 DELTAPALKKIEN LIITOSDETALJIT.dwg
- Sekä kohteen IFC-tietomalli (Tekla)

Materiaalien tiheydet

Kuusesta valmistetun kuivatun sahatavaran keskimääräinen tiheys	$P_{k.n} := 472 \frac{kg}{m^3}$	$P_{k.C24} := 420 \frac{kg}{m^3}$
Isover RKL-31	$P_{k.tuulensuoja} := 90 \frac{kg}{m^3}$	$P_{Cembrit.panel} := 1550 \frac{kg}{m^3}$
$P_{vaneri} := 433 \frac{kg}{m^3}$	$P_{GNE.13} := 672 \frac{kg}{m^3}$	
Villa eristeet, Paroc ROB80t -, ROS -ja ROS 30g 70-120 kg/m ³	$P_{Paroc} := 70 \frac{kg}{m^3}$	$P_{BLT6} := 33 \frac{kg}{m^3}$
Villa eristeet, EI15 palokatkot U-frame protect	$P_{U.frame} := 30 \frac{kg}{m^3}$	
Katepal, Kermikate VE80 TL2+TL2, K-PS 170/5000 + ja K-MS 170/3000 Höyrynsulkukermi K-MS 170/3000		Katepal, Sokkeli ja radonkermi TL2
$P_{KMS170.3000} := 3 \frac{kg}{m^2}$	$P_{KPS170.5000} := 5 \frac{kg}{m^2}$	$P_{Radon.kermi} := 4 \frac{kg}{m^2}$
Tiheäsilmäinen RST-verkko	Teräs (yleensä)	
$P_{RST.verkko} := 1 \frac{kg}{m^2}$	$P_{Teräs.yleensä} := 7850 \frac{kg}{m^3}$	

2

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää**

EPS-eristeet, Routa ja lattia

$$P_{EPS.50} := 22 \frac{kg}{m^3} \quad P_{EPS.100} := 20 \frac{kg}{m^3} \quad P_{EPS.30} := 22 \frac{kg}{m^3}$$

Patolevy, PP

Saumamassa, betoni

$$P_{Patolevy} := 0.6 \frac{kg}{m^2} \quad P_{Sikaflex} := 1.33 \frac{kg}{m^3}$$

3

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

YP ja vesikatto**Koillinen osa YP-D 14-15, (kaltevuus 1:10):**

$$A_{YP,Koil.} := \frac{10.335 \text{ m} \cdot 14.021 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} = 146 \text{ m}^2 \quad \text{"Vesikaton pinta-ala"}$$

"Jakaja cos (5,71 deg) muuntaa vaakaprojektion pinta-alan lokaalista globaaliksi pinta-alaksi tarkasteltavan projektion tason suunnassa "

$$L_{YP,Koil.1} := (10.335 \cdot 2 + 14.021) \cdot m = 35 \text{ m} \quad \text{"Räystään piiri"}$$

$$L_{YP,Koil.2} := 44.5 \cdot m - 12.65 \text{ m} \quad \text{"Sis. piiri"} \quad A_{YP,Koil.2} := 121.5 \text{ m}^2 \quad \text{"YP:n ala"}$$

Cembrit-levy

$$A_{Verhouselevyt,Koil.} := (1.05 \text{ m} \cdot 9.5 \text{ m}) + \left(1.05 \text{ m} \cdot 12.34 \text{ m} + \frac{1.47 \text{ m} \cdot 12.34 \text{ m}}{2} \right) \downarrow = 56 \text{ m}^2 \\ + (2.52 \text{ m} \cdot 9.5 \text{ m})$$

$$m_{Cembrit.1} := P_{Cembrit.panel} \cdot 0.008 \text{ m} \cdot A_{Verhouselevyt,Koil.} = 694 \text{ kg}$$

**Säänkestävä vaneri
t=15mm**

$$m_{vaneri.1} := P_{vaneri} \cdot 0.015 \text{ m} \cdot A_{Verhouselevyt,Koil.} = 363 \text{ kg}$$

Vaakarunko 48x98 k600

$$L_{m.koil.1} := \left(\frac{A_{Verhouselevyt,Koil.} + (31.34 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 246.1 \text{ kg}$$

**Pystykoolaus 32x100
k600**

$$L_{m.koil.2} := \left(\frac{A_{Verhouselevyt,Koil.} + (6.405 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 133.9 \text{ kg}$$

**Vaakapuut 48x98 k900 ja k600 sekä yläpuu
48x123**

"Huomioitu myös vaakapuiden poikkeava k600- jako ja kertoimella 1.26 profiilin muutos"

$$A_{vaaka.ylä} := \left(1.05 \text{ m} \cdot 12.34 \text{ m} + \frac{1.47 \text{ m} \cdot 12.34 \text{ m}}{2} \right) + (2.52 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})$$

4

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotit, Järvenpää**

$$\left(\frac{12.34 \text{ m}^2 + (1 \text{ m} \cdot 0.9 \text{ m})}{0.9 \text{ m}} + \left(\frac{A_{\text{vaaka.ylä}}}{0.6 \text{ m}} \cdot 0.3 \right) + (1.26 \cdot 12.4 \text{ m}) \right) \downarrow = 83 \text{ kg}$$

$$\cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k,C24}$$

YPD-16,17,18, IV- konehuone**IV-läpiviennit/ laatikot**

$$A4 := (2 \cdot 0.8^2 \cdot \text{m}^2) + 0.95^2 \cdot \text{m}^2 + 0.4^2 \cdot \text{m}^2 = 2 \text{ m}^2 \quad \text{"Vähennetään aloista A1-A3"}$$

$$P := 40 \text{ m} + 2.4 \text{ m} + 2 \cdot 8.65 \text{ m} + 2.4 \text{ m} = 62 \text{ m} \quad A1 := \frac{(19.52 \text{ m} \cdot 8.17 \text{ m}) - A4}{\cos(5.71^\circ)} = 158 \text{ m}^2$$

$$A2 := \frac{(20 \text{ m} \cdot 8.65 \text{ m}) - A4}{\cos(5.71^\circ)} = 172 \text{ m}^2 \quad A3 := \frac{(21.2 \text{ m} \cdot 9.85 \text{ m}) - A4 - A2}{\cos(5.71^\circ)} = 35 \text{ m}^2$$

$$A5 := 280 \text{ m}^2 - 94 \text{ m}^2 = 186 \text{ m}^2 \quad \text{"Vähennetty US- alat, joissa kattorakenteet/ristikot"}$$

Harvalauta 23x95**Otsapuu 48x148**

$$P \cdot 6 \cdot 0.023 \text{ m} \cdot 0.095 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 384 \text{ kg}$$

$$P \cdot 1 \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.148 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 208 \text{ kg}$$

Puu ("Poikaset"), 50x125**Puu, räystäspalkkien välissä 50x125**

$$P \cdot \frac{1}{0.6} \cdot 0.050 \text{ m} \cdot 0.125 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 305 \text{ kg}$$

$$P \cdot \left(1 \text{ m} - \left(\frac{1}{0.6} \cdot 0.05 \cdot \text{m} \right) \right) \downarrow = 202 \text{ kg}$$

$$\cdot 0.050 \cdot 0.15 \cdot \text{m} \cdot P_{k,n}$$

Villa eriste, Paroc ROB80t -, ROS -ja ROS 30g

$$m_{\text{Paroc}} := (P_{\text{Paroc}} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot A1) + (P_{\text{Paroc}} \cdot 0.18 \text{ m} \cdot A2) + (P_{\text{Paroc}} \cdot 0.02 \text{ m} \cdot A3) = 4421 \text{ kg}$$

Vanerilevy räystäskaista t=18mm+ t=15mm vaneri h=300mm

$$m_{\text{Vaneri.2}} := P_{\text{vaneri}} \cdot 0.018 \text{ m} \cdot (A2 - A1) + (P_{\text{vaneri}} \cdot 0.015 \text{ m} \cdot (0.3 \text{ m} \cdot 12.65 \text{ m})) = 131 \text{ kg}$$

Cembrit- levy

$$m_{\text{Cembrit.2}} := P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot 0.008 \text{ m} \cdot A5 = 2306 \text{ kg}$$

$$m_{\text{pustykkolaus.cembrit.2}} := 0.048^2 \cdot \text{m}^2 \cdot 313 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 340.4 \text{ kg}$$

5

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Ullakon palokatkot EI15, YPD-13

$$A_{EI15} := \left(\frac{2 \text{ m} \cdot 8 \text{ m}}{2} + 8 \text{ m}^2 \right) + \left(\frac{1.6 \text{ m} \cdot 9.65 \text{ m}}{2} + 13 \text{ m}^2 \right) + \left(\frac{1.95 \text{ m} \cdot 11.7 \text{ m}}{2} + 11.7 \text{ m}^2 \right) = 60 \text{ m}^2$$

$$A_{EI15} \cdot P_{GNE.13} \cdot 0.013 \text{ m} \cdot 2 = 1045 \text{ kg} \quad \text{"Kipsilevyt"}$$

"Käytetään pintakuvioiden keskikorkeutta"

$$\left(29.35 \text{ m} + \frac{29.35 \text{ m}}{\cos(9.46^\circ)} + \frac{A_{EI15} + (6.125 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \downarrow = 243 \text{ kg} \quad \text{"Puurunko 48x73 k600"}$$

$$\cdot P_{k.C24} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.073 \text{ m}$$

$$A_{EI15} \cdot P_{U.frame} \cdot 0.07 \text{ m} = 126 \text{ kg} \quad \text{"Villatäyttö"}$$

Parvekkeen räystääs YPD-06 ja 12

$$A_{Alakatto} := \frac{118.9 \text{ m}^2}{\cos(9.46^\circ)} \quad P_{Lujja.A} := 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{"Kuitusementtilevy Lujja A} \\ t=12\text{mm}"$$

$$m_{Lujja.A} := A_{Alakatto} \cdot 0.012 \text{ m} \cdot P_{Lujja.A} = 1591 \text{ kg}$$

$$L_{YPD06parveke} := 37.54 \text{ m}$$

Koolaus 22x100 k400

$$m_{Koolaus} := \frac{A_{Alakatto} + (L_{YPD06parveke} \cdot 0.4 \text{ m})}{0.4 \text{ m}} \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 352 \text{ kg}$$

Ala- ja sivuräystääs YPD-01-03 -ja 07

$$A_{Verhouslevyt.1} := (25.39 \text{ m} \cdot 1.22 \text{ m}) + (0.9 \text{ m} \cdot 41.56 \text{ m}) = 68 \text{ m}^2 \quad \text{"Cembrit pinta-ala"}$$

$$L_{YPD1.3.7} := 25.39 \cdot \text{m} + 41.56 \text{ m} = 67 \text{ m} \quad \text{"Yhteispituus YPD-01-03 -ja 07 "}$$

Vaakarunko 48x98 k600

$$\left(\frac{A_{Verhouslevyt.1} + (L_{YPD1.3.7} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 357 \text{ kg}$$

6

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Pystykoolaus 32x100 k600*"Käytetään pintakuvioiden keskikorkeutta"*

$$\left(\frac{A_{\text{Verhouslevyt.1}} + (1.06 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 155 \text{ kg}$$

Pystytoppat 2x 48x98 k900, $\Sigma L=2.1\text{m}$, 41 kpl

$$m_{\text{pystytoppat}} := 2.1 \text{ m} \cdot 41 \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 170 \text{ kg}$$

Cembrit- levy

$$m_{\text{Cembrit.3}} := P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot 0.008 \text{ m} \cdot A_{\text{Verhouslevyt.1}} = 848 \text{ kg}$$

Säänkestävä vaneri t=15mm

$$m_{\text{vaneri}} := P_{\text{vaneri}} \cdot 0.015 \text{ m} \cdot A_{\text{Verhouslevyt.1}} = 444 \text{ kg}$$

Ylä-, pääty -ja sivuräystä YPD-04-05 -ja 11 sekä 15

$$A_{\text{Verhouslevyt.2}} := 112.3 \text{ m}^2 \quad \text{"Cembrit pinta-ala"}$$

$$A_{\text{Verhouslevyt.21}} := 112.3 \text{ m}^2 - (9.5 \text{ m} \cdot 2.5 \text{ m}) \quad \text{"Vaakapuulle k600 tarvittavaa keskikorkeutta varten laskettu pinta-ala"}$$

$$L_{\text{YPD4.5.11.15}} := 54 \text{ m} \quad \text{"Määritellyn alueen pituus"}$$

$$L_{\text{YPD4.5.11.15.2}} := 54 \text{ m} - 9.5 \text{ m} = 45 \text{ m} \quad \text{"Alueen pituus, jolla on ylä- tai vaakapuita k600"}$$

Vaakarunko 48x98 k600

$$\left(\frac{A_{\text{Verhouslevyt.2}} + (L_{\text{YPD4.5.11.15}} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 476 \text{ kg}$$

Pystykoolaus 32x100 k600

$$\left(\frac{A_{\text{Verhouslevyt.2}} + (18.52 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \right) \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 276 \text{ kg}$$

Vaakapuit 48x98 k900 ja k600 sekä yläpuu 48x123 k600*"Huomioitu myös vaakapuiden poikkeava k600- jako ja kertoimella 1.26 profiilin muutos"*

7

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

$$\left(\frac{45 \text{ m}^2 + (1 \text{ m} \cdot 0.9 \text{ m})}{0.9 \text{ m}} \right) + \left(\frac{A_{\text{Verhouslevyt.21}} + (18.52 \text{ m} \cdot 0.6 \text{ m})}{0.6 \text{ m}} \cdot 0.3 \right) \downarrow = 310 \text{ kg}$$

$$+ (1.26 \cdot L_{\text{YPD4.5.11.15.2}}) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot P_{k.C24}$$

**Cembrit-
levy**

$$m_{\text{Cembrit.1}} := P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot 0.008 \text{ m} \cdot A_{\text{Verhouslevyt.2}} = 1393 \text{ kg}$$

Säänkestävä vaneri t=15mm

$$m_{\text{vaneri.1}} := P_{\text{vaneri}} \cdot 0.015 \text{ m} \cdot A_{\text{Verhouslevyt.2}} = 729 \text{ kg}$$

Arvoja koko vesikaton alueelle**Räystäiden pituudet**

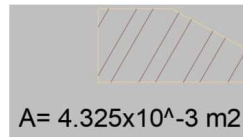
$$L_{\text{Räystäs.sivu.ja.ylä}} := 131 \text{ m} \quad \text{"Kaikki räystäät, joissa korokepuu"}$$

$$L_{\text{Räystäs.kaikki}} := 134 \text{ m} \quad \text{"Kaikki räystäät, joissa harvalaudoitus miinustettuna IV-konehuone"}$$

$$L_{\text{Räystäs.korokelauta}} := 36 \text{ m} \quad \text{"Kaikki räystäät, joissa korokelaudat"}$$

**Korokepuu huopakate käännölle
50x100 ST**

"Arvioitu DWG:stä
Yläpohjaleikkaukset 3052"



$$m_{\text{Korokepuu}} := L_{\text{Räystäs.sivu.ja.ylä}} \cdot 4.325 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k.C24} = 238 \text{ kg}$$

Harvalauta 23x95

$$L_{\text{Räystäs.kaikki}} \cdot 6 \cdot 0.023 \text{ m} \downarrow = 829 \text{ kg}$$

$$\cdot 0.095 \text{ m} \cdot P_{k.n}$$

Korokelaudat 22x100 k600

$$L_{\text{Räystäs.korokelauta}} \cdot 3 \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \downarrow = 100 \text{ kg}$$

$$\cdot P_{k.C24}$$

Otsapuu 48x148

$$L_{\text{Räystäs.kaikki}} \cdot 0.048 \text{ m} \downarrow = 449 \text{ kg}$$

$$\cdot 0.148 \text{ m} \cdot P_{k.n}$$

8

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

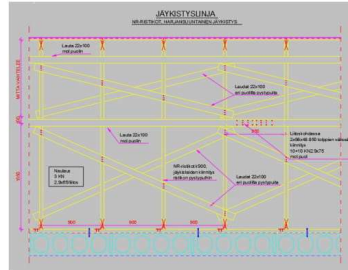
19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Yläpohjan jäykisteet, NR- ristikot ja paikallaan rakennettavat katon osat:

Jäykistelinjat:

Tuentalauta, jäykistys harjansuuntainen 22x100 (NR)



"Lisätty 3.64m, joka vastaa liitoskohdan 2x48x98 muunnettuna 22x100 lautaa vastaavaksi"

$$m_1 := \left(\frac{23.4 \text{ m} + 3.64 \text{ m}}{2.748 \text{ m}} \right) \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k,n}$$

Nurjahdustuennat (NR), Koillinen osa:

$$m_2 := \left(\frac{3.82 \text{ m} + 2.46 \text{ m}}{3.648 \text{ m}} \right) \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

"Suunnitelmista arvioituna ja määriteltynä Xkg/m jäkistyslinjaa".

$$L_{\text{Harjansuuntainen.1}} := 161 \text{ m}$$

$$L_{\text{Koillinen.nurjahdus}} := 29 \text{ m}$$

$$\Sigma m_{\text{NR.jäykisteet}} := (m_1 \cdot L_{\text{Harjansuuntainen.1}}) + (m_2 \cdot L_{\text{Koillinen.nurjahdus}}) = 1697 \text{ kg}$$

"Paikalla rakennettu osa arvioitu ~ 14 kpl lappeen suuntaisia tuentoja"

Nurjahdustuenta, paikalla rak.

$$m_3 := \left(\frac{18 \text{ m}}{1.9 \text{ m}} \right) \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{paikalla.rak.jäykisteet}} := (14 \cdot 12 \text{ m} \cdot 0.022 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k,n}) + m_1 \cdot 24 \text{ m} + m_3 \cdot 21 \text{ m} = 626 \text{ kg}$$

9

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää****Ontelolaatan pintaan kiinnitettävä puu 48x123**

$$m_4 := (37 \text{ m} \cdot 9) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 928 \text{ kg} \quad \text{"Lounas", NR}$$

$$m_5 := (18 \text{ m} \cdot 4) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 201 \text{ kg} \quad \text{"Paikalla rak. Kaakko"}$$

$$m_6 := (27 \text{ m} \cdot 15) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 1129 \text{ kg} \quad \text{"Luode, NR"}$$

$$m_7 := (8.7 \text{ m} + (8.7 \text{ m} \cdot 11)) \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 291 \text{ kg} \quad \text{"Koillinen, NR"}$$

+ *Huomioitu m7 lisänä IV- konehuoneen kohdalle tuleva 8.7m C24 48x123*

$$\Sigma m_{4,7} := m_4 + m_5 + m_6 + m_7 = 2548 \text{ kg}$$

Tuulensuojavilla 25mm syv. ~ 900mm

$$P_{\text{piiri.sis.tuulensuoja}} := 150 \text{ m}$$

$$m_{\text{tuulensuoja.all}} := 0.9 \text{ m} \cdot P_{\text{piiri.sis.tuulensuoja}} \cdot P_{k.tuulensuoja} \cdot 0.025 \text{ m} = 304 \text{ kg}$$

**Dimensioita mitattuna DWG-kuvista (30042 VESIKATTO OSA 2
MITTAPIIRUSTUS.dwg ja 30041 VESIKATTO OSA 1 MITTAPIIRUSTUS.dwg)**

$$YP_{\text{ala.kok}} := 838.53 \text{ m}^2 + A_{YP,Koil.2} = 960 \text{ m}^2 \quad \text{"Eristeen ulkopinta SW- elementissä"}$$

$$YP_{\text{ala.kok.lis.1}} := 12.57 \text{ m}^2 \quad \text{"Kerminostot 300mm"}$$

$$YP_{\text{ala.kok.lis.2}} := 0.3 \text{ m} \cdot 42 \text{ m} = 12.6 \text{ m}^2 \quad \text{"Paroc-elem. piiri"}$$

$$YP_{\text{ala.kok.lis.3}} := 0.1 \text{ m} \cdot 84.3 \text{ m} = 8.4 \text{ m}^2 \quad \text{"Kerminkääntö etureunan yli"}$$

$$m_{\text{höyrynsulku.kermit}} := (YP_{\text{ala.kok}} + YP_{\text{ala.kok.lis.2}}) \cdot P_{KMS170.3000} = 2917.9 \text{ kg}$$

$$VK_{\text{ala.kok}} := \frac{144.9 \text{ m}^2}{\cos(5.71^\circ)} + \frac{516.2 \text{ m}^2}{\cos(9.46^\circ)} + \frac{497.6 \text{ m}^2}{\cos(9.46^\circ)} = 1173.4 \text{ m}^2$$

$$m_{\text{alus.kermit}} := (VK_{\text{ala.kok}} + YP_{\text{ala.kok.lis.1}} + YP_{\text{ala.kok.lis.2}} + YP_{\text{ala.kok.lis.3}}) \cdot P_{KMS170.3000} = 3621 \text{ kg}$$

$$m_{\text{pinta.kermit}} := (VK_{\text{ala.kok}} + YP_{\text{ala.kok.lis.1}} + YP_{\text{ala.kok.lis.2}} + YP_{\text{ala.kok.lis.3}}) \cdot P_{KPS170.5000} = 6035 \text{ kg}$$

$$m_{\text{puhallusvuorivilla}} := YP_{\text{ala.kok}} \cdot P_{BLT6} \cdot 0.45 \text{ m} = 14256.4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{raakaponttilauta}} := VK_{\text{ala.kok}} \cdot P_{k.n} \cdot 0.023 \text{ m} = 12738.4 \text{ kg}$$

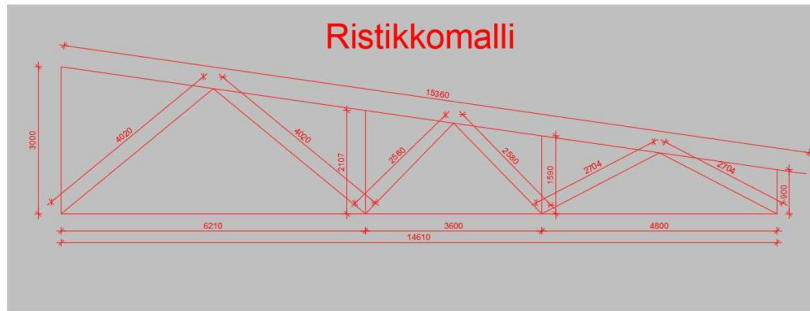
10

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää



"Ristikkomallin mukaisesti laskettu arvio puumäärästä/ ristikkometri".

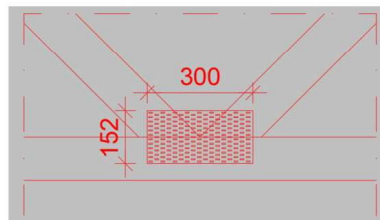
$$L_{m,ristikko} := \frac{22.305 \text{ m}}{14.61 \text{ m}} = 1.5$$

"Arvio perustuu oheiseen malliin ja oletettiin ristikoiden määrästä sekä keskipituuksista, (vähenettynä Tekla-reportin määrät)".

$$m_{ristikko} := ((12.65 \text{ m} \cdot 11) + (9.67 \text{ m} \cdot 38) + (12.95 \text{ m} \cdot 52)) \cdot L_{m,ristikko} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k,C24} \downarrow = 4467.2 \text{ kg}$$

Naulalevyt ristikoissa

"Arvioitu oheisen kuvan tilanteen mukaisena molemmin puolin ristikkoo"



$$m_{naulalevyt,ristikoissa} := P_{Teräs,yhteensä} \cdot (0.001 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.152 \text{ m} \cdot 18 \cdot 101) = 650.8 \text{ kg}$$

Räystäöverkko

$$m_{RST.verkko} := P_{RST.verkko} \cdot 134.3 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m} = 67.2 \text{ kg}$$

Kulmalevyt

$$m_{Kulmalevyt} := 0.021 \text{ kg} \cdot (101 + 300 + 1000) = 29.4 \text{ kg}$$

"Huom! Käytetään tässä arvioissa 1 kpl 90x90x65x2.5 kulmalevyn massaa"

11

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Räystä-, juuri- ja myrskypellit

$$m_{Pelti.Riprap} := P_{Teräs.yleensä} \cdot 28.5 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.680 \text{ m} = 76.1 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.kermisuoja} := P_{Teräs.yleensä} \cdot 42 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 57.7 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.Paroc.elem} := P_{Teräs.yleensä} \cdot 42 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 57.7 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.korokepuu} := P_{Teräs.yleensä} \cdot L_{Räystä.sivu.ja.ylä} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 180 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.sivuräystäät} := P_{Teräs.yleensä} \cdot L_{YPD1.3.7} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m} = 52.6 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.cembrit.ala} := P_{Teräs.yleensä} \cdot 170 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m} = 133.5 \text{ kg}$$

$$m_{Pelti.cembrit.ylä} := P_{Teräs.yleensä} \cdot (170 \text{ m} - 42 \text{ m}) \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.12 \text{ m} = 60.3 \text{ kg}$$

12

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Betonirakenteet

Raudoituksien suhdeluvun määritys kokonaismassojen mukaan sekä anturiraudoituksien B500B- määrän laskenta ja muut merkitykselliset yksityiskohdat detaljien mukaisesti

$$m_{B500B.kok.1} := \frac{12778.8 \text{ kg} + 13645 \text{ kg}}{507865 \text{ kg} + 375111 \text{ kg}} = 0.03 \quad \text{"Teräksen suhde betonimassoihin tietomallista määriteltynä"}$$

"Tämä ollen melko suuren otannan suhdeluku on sen virhe suhteellisen kokonaisuuden kannalta melko pieni, ja sitä tullaan sen vuoksi käyttämään myös arvioitaessa pieniä betonidetalleja, joissa voidaan tämän arvioinnin nojalla olettaa olevan n. 3 % kappaleen tilavuuspainosta terästä. Tiheydeksi teräkselle oletetaan tarkastelussa 7850 kg/m³".

$$m_{B500B.kok.2} := \frac{\left(\frac{25 \cdot 10^3 \frac{N}{m^3}}{g} - \frac{24 \cdot 10^3 \frac{N}{m^3}}{g} \right)}{\frac{25 \cdot 10^3 \frac{N}{m^3}}{g}} = 0.04 \quad \text{"Teräksen suhde betonimassoihin tilavuuspainojen mukaan EN 1991-1-1 liite A"}$$

"Määritetään anturoiden raudoitukset tarkemmin, koska niiden suhteellinen virhe hiilijalanjäljen kannalta kasvaa muutoin liian suureksi"

JA-8

$$m_{JA8.B500B} := \frac{\left(\left(\left(\frac{1}{0.3} \cdot (0.18 \text{ m} \cdot 2 + 0.68 \text{ m} \cdot 2) \right) \cdot (0.004 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{m^3} \right) + \left(4 \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 1 \text{ m} \right) \cdot \frac{6.7 \text{ m}}{6 \text{ m}}}{0.8 \text{ m}} = 7.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

"Huomioitu kertoimella 6.7m/6m limitys 6m matkalla"

JA-10

$$m_{JA10.B500B} := \frac{\left(\left(\left(\frac{1}{0.3} \cdot (0.18 \text{ m} \cdot 2 + 0.88 \text{ m} \cdot 2) \right) \cdot (0.004 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{m^3} \right) + \left(5 \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 1 \text{ m} \right) \cdot \frac{6.7 \text{ m}}{6 \text{ m}}}{1 \text{ m}} = 7.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

A-1

$$m_{A1.B500B} := \left(\left(\frac{0.68}{0.15} + 1 \right) \cdot 1.12 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \cdot 2 \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{m^3} = 11 \text{ kg} \quad 1/\text{kpl}$$

13

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

A-2

$$m_{A2.B500B} := \left(\left(\left(\frac{0.68}{0.15} + 1 \right) \cdot 1.32 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \right) \cdot 2 \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 13 \text{ kg} \quad 1/\text{kpl}$$

A-3

$$m_{A3.B500B} := \left(\left(\left(\frac{2.565}{0.2} + 1 \right) \cdot 3.205 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \downarrow + \left(\left(\frac{2.89}{0.2} + 1 \right) \cdot 3.455 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \right) \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 86.7 \text{ kg} \quad 1/\text{kpl}$$

A-12

$$m_{A12.B500B} := \left(\left(\frac{1.18}{0.15} + 1 \right) \cdot 1.72 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \right) \cdot 2 \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 27.1 \text{ kg} \quad 1/\text{kpl}$$

Täyttövalut parvekkeen 1 krs. T-pilarit

$$m_{bet.täyttövalut} := 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left((0.08 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 4.04 \text{ m} \cdot 11 \right) = 2144.4 \text{ kg}$$

Radonkaista

"Arvioitaessa käytetty tasokuvion vaipanpinta- alan muunnosta kuvioiden kokonaispituudeksi, kun tarkastelussa ovat kantavat väliseinät".

$$m_{Radonkaista} := (0.5 \text{ m} \cdot 165 \text{ m} \cdot P_{Radon.kermi}) + (2 \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 109 \text{ m} \cdot P_{Radon.kermi}) \downarrow + (0.5 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} \cdot P_{Radon.kermi}) = 794 \text{ kg}$$

"Mukana ovat lattianreuna, kantavat väliseinät ja pilarit".

AP:n ja hissikuilun pystyeristys EPS

$$m_{EPS} := (P_{EPS.100} \cdot 9 \text{ m} \cdot 0.7 \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m}) + (P_{EPS.50} \cdot 95 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 0.05 \text{ m}) \downarrow + (P_{EPS.100} \cdot 0.65 \text{ m}^2 \cdot 0.2 \text{ m}) = 80.1 \text{ kg}$$

"Mukana ovat sokkelit, hissikuilu, maanpainesseinät ja tukimuurit".

AP:n ja perustuksien sekä sokkelien vedeneristykset (Bitumkermit)

$$m_{Vedeneristys.kermit} := (P_{KMS170.3000} \cdot 21 \text{ m} \cdot 1.75 \text{ m}) + (P_{Radon.kermi} \cdot 76 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) \downarrow + (P_{KMS170.3000} \cdot 0.65 \text{ m}^2) + (2 \cdot P_{KMS170.3000} \cdot 72.85 \text{ m} \cdot 4.55 \text{ m}) \downarrow + (P_{KMS170.3000} \cdot 16 \text{ m} \cdot 3.8 \text{ m}) = 2587.4 \text{ kg}$$

14

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

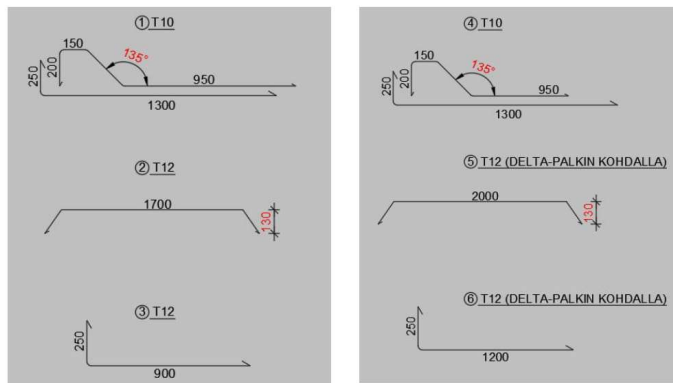
Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

"Mukana ovat myös reunalistat".

$$m_{patolevyt} := P_{patolevy} \cdot (21 \text{ m} \cdot 1.75 \text{ m} + 76 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}) = 44.9 \text{ kg}$$

Sauma- ja rengasteräkset sekä kolot ja aukot

$$m_{OL.teräkset.1krs} := \left(428 \text{ m} \cdot 2 \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \downarrow = 778.5 \text{ kg} \\ + \left(27.6 \text{ m} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \downarrow \\ + \left(3.9 \text{ m} \cdot (0.004 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right)$$



$$m_{OL.teräkset.1} := \left(40 \cdot 3.13 \text{ m} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 77.2 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.2} := \left(30 \cdot 1.96 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 52.2 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.3} := \left(69 \cdot 1.4 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 85.8 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.4} := \left(6 \cdot 3.13 \text{ m} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 11.6 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.5} := \left(5 \cdot 2.26 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 10 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.6} := \left(23 \cdot 1.45 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 29.6 \text{ kg}$$

15

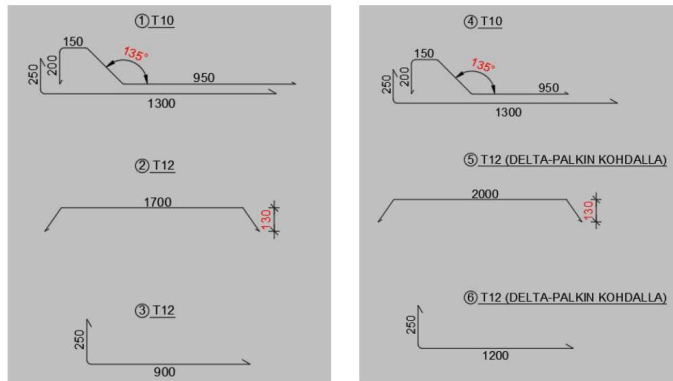
Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

$$m_{OL.teräkset.2krs} := \left(498 \text{ m} \cdot 2 \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \downarrow = 895.8 \text{ kg} \\ + \left(5 \cdot 0.7 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \downarrow \\ + \left(9.5 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \downarrow$$



$$m_{OL.teräkset.1} := \left(59 \cdot 3.13 \text{ m} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 113.9 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.2} := \left(25 \cdot 1.96 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 43.5 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.3} := \left(22 \cdot 1.4 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 27.3 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.4} := \left(6 \cdot 3.13 \text{ m} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 11.6 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.5} := \left(3 \cdot 2.26 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 6 \text{ kg}$$

$$m_{OL.teräkset.6} := \left(86 \cdot 1.45 \text{ m} \cdot (0.006 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{7850 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 110.7 \text{ kg}$$

"Laskennassa ei huomioitu taivutuksia ja siitä syntyvää marginaalista lisäystä raudoituksien tod. massoihin"

16

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Elementtien anturavalut/ juotosvalut, viisteet+ osien raudoitukset (tapit ja lenkit)

$$m_{valu.kaistat.APD01.02} := 0.053 \text{ m}^2 \cdot 76 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 9857.8 \text{ kg}$$

$$m_{valu.kaistat.APD03} := 0.097 \text{ m}^2 \cdot 23.15 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 5495.6 \text{ kg}$$

$$m_{valu.kaistat.APD04.05.06} := 0.0075 \text{ m}^3 \cdot \frac{21.2 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 259.4 \text{ kg}$$

$$m_{valu.kaistat.APD07} := 0.051 \text{ m}^2 \cdot 109 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 13604.6 \text{ kg}$$

$$m_{valu.viisteet.APD08.09} := 0.015 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 550.6 \text{ kg}$$

$$m_{valu.viisteet.APD015} := 0.015 \text{ m}^2 \cdot 12.5 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 458.9 \text{ kg}$$

$$m_{valu.viisteet.APD015} := 0.09 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}}{g} = 660.8 \text{ kg}$$

"Raudoituksien massan suhde betonivalujen massoista arvioidaan olevan n. 1%".

$$m_{valu.viisteet.B500B} := \left(m_{valu.kaistat.APD01.02} + m_{valu.kaistat.APD03} \downarrow + m_{valu.kaistat.APD04.05.06} + m_{valu.kaistat.APD07} \right) \downarrow \cdot 0.01 = 292.2 \text{ kg}$$

Raudoitusverkot AP01,02,04

$$m_{verkot.B500B.AP01.02.04} := 920.1 \text{ m}^2 \cdot \frac{14 \text{ m}}{\text{m}^2} \cdot (0.004 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5082.8 \text{ kg}$$

$$m_{verkot.B500B.AP03.VSS} := 152.63 \text{ m}^2 \cdot \frac{14 \text{ m}}{\text{m}^2} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1317.4 \text{ kg}$$

17

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

$$m_{\text{verkot.B500B.AP03.VSS.poistumis}} := 6.05 \text{ m}^2 \cdot \frac{14 \text{ m}}{\text{m}^2} \cdot (0.005 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 52.2 \text{ kg}$$

Sauma-, täyttö-, ontelo-, tuki- ja rengasteräs valut VP ja YP

"Saumavalut ja täytöt, arvioidaan käyttäen apuna täyttövalujen likimääräisiä kokoja ja kokonaispituuksista muodostuvia keskinäisiä poikkileikkaussuhteita (m.teräset/m.betoni%). Tämä arvio ei kuitenkaan huomioi täydellisesti työtavoista ja toteutuksesta seuraavaa onteloiden ns. täyteen valua, mutta oikealla prosenttiosuudella arvio saadaan kuitenkin suhteellisen lähelle todellista määrää"

$$m_{OL.Teräset.yht} := 2256 \text{ kg} - 157 \text{ kg} = 2099 \text{ kg}$$

$$m_{DELTA.Teräset.yht} := 157 \text{ kg}$$

"Lasketaan deltapalkeille erillinen arvo, koska arvioitu poikkileikkausosuus on betonille ~20%"

"Saumavalut mitattuna DWG-kuvista sekä Tekla-mallista"

1 krs.	2 krs.	Yht:	Arvioitu kokonaispituus
698 m	807 m	$l_1 := 1505 \text{ m}$	$l_2 := 1657 \text{ m}$

$$m_{\text{bet.saumavalut.täyt.1}} := \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0.013 \text{ m}^3}{\text{m}} \cdot l_1 \right) + \frac{m_{OL.Teräset.yht}}{0.04} \downarrow = 135653.1 \text{ kg}$$

$$+ \frac{m_{DELTA.Teräset.yht} + 5281.52 \text{ kg} + 1805.9 \text{ kg}}{0.2}$$

$$m_{\text{bet.saumavalut.täyt.2}} := \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0.013 \text{ m}^3}{\text{m}} \cdot l_2 \right) + \frac{m_{OL.Teräset.yht}}{0.04} \downarrow = 140395.5 \text{ kg}$$

$$+ \frac{m_{DELTA.Teräset.yht} + 5281.52 \text{ kg} + 1805.9 \text{ kg}}{0.2}$$

"Ei merkittävää eroa saumavalujen pituuksien arvioinnilla mitattuihin pituuksiin. Virhe todellisen m.teräs/m.betoni% tuottaman ja absoluuttisiin/ tod.massoihin verrattuna on vain (+-) ~3,4%. Arvioitaessa käytetään teräksen prosenttiosuudeksi betonista 4%."

18

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Saumavalut: seinäelementit, pilarit, väliseinät, sokkelit

Seuraavat laskelmat perustuvat osaltaan Areite Oy:n laatimaan määräluotteloon ja arvioihin saumojen pituuksista.

US:n pystysaumamat

$$m_{us.sauma.bet} := 9.45 \cdot 10^{-3} \cdot m^2 \cdot 236 \text{ m} \cdot 2400 \frac{kg}{m^3} = 5352.5 \text{ kg}$$

$$m_{B500B} := m_{us.sauma.bet} \cdot 0.01 = 53.5 \text{ kg}$$

"Arvio perustuu saumassa sijaitsevan T12- radoituksen massan suhteeseen ympäröivän betonipoikkileikkauksen massasta. Tämän todellinen arvo on ~1.2%, mutta oletetaan se yksinkertaistaen tästä eteenpäin saumavaluja laskettaessa olevan lähellä arvoa 1%"

VS:n pystysaumamat

$$m_{vs.sauma.bet} := 1.56 \cdot 10^{-2} \cdot m^2 \cdot 188 \text{ m} \cdot 2400 \frac{kg}{m^3} = 7038.7 \text{ kg}$$

$$m_{B500B} := m_{vs.sauma.bet} \cdot 0.01 = 70.4 \text{ kg}$$

Pilarien pystysaumamat

$$m_{P.sauma.bet} := 1.3565 \cdot 10^{-2} \cdot m^2 \cdot 23 \text{ m} \cdot 2400 \frac{kg}{m^3} = 748.8 \text{ kg}$$

$$m_{B500B} := m_{P.sauma.bet} \cdot 0.01 = 7.5 \text{ kg}$$

Sokkelien: pystysaumamat

$$m_{sok.sauma.bet} := 1.17 \cdot 10^{-2} \cdot m^2 \cdot 58 \text{ m} \cdot 2400 \frac{kg}{m^3} = 1628.6 \text{ kg}$$

$$m_{B500B} := m_{sok.sauma.bet} \cdot 0.01 = 16.3 \text{ kg}$$

Sauma eristeet ja saumamassat

$$m_{sauma.eriste.15} := 0.015 \text{ m} \cdot (58 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} + 236 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}) \cdot P_{Paroc} = 133 \text{ kg}$$

$$m_{sauma.massa.15} := 0.015 \text{ m} \cdot 0.008 \text{ m} \cdot (58 \text{ m} + 236 \text{ m}) \cdot P_{Sikaflex} = 0.05 \text{ kg}$$

"Saumamassojen ja eristeiden arvioimista ei niiden suhteellisen pienen massan vuoksi ole perusteltua jatkaa tämän pidemmälle tai tarkemmaksi"

19

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää****Kahi-harkkoseinät, detaljit**

$$m_{L,teräs} := 230 \text{ m} \cdot 0.09 \text{ m} \cdot 0.002 \text{ m} \cdot 2 \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 650 \text{ kg}$$

*"Kokonaispituus summaamalla
yhteen Solibri tietomallin Kahi
VS- pituudet"*

*"Kahi- seinien kohdalla ei arvioida detaljien pienimpiä yksityiskohtia vaan keskitytään
arvioimaan niissä suurimmat massat omaavat osat ja materiaalit"*

$$m_{Kahi.bitumi.kermi} := 230 \text{ m} \cdot 0.13 \text{ m} \cdot P_{KMS170.3000} = 89.7 \text{ kg} \quad \text{"Ei aukko vähennyksiä"}$$

Kahi- aukkojen ylityspalkit

Arvioidaan aukko palkiksi täyden Kahi- harkon 300x198x130 korkuinen palkki,
jonka poikkileikkauksen valosuudeksi arvioidaan:

$$A_{Kahi} := 1.834 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2 \quad A_{Kahi.bet} := 7.4 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$m_{Kahi.aukkopalkki} := \left(26 \text{ m} \cdot A_{Kahi.bet} \cdot 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 461.8 \text{ kg}$$

$$m_{Kahi.aukkopalkki.B500B} := m_{Kahi.aukkopalkki} \cdot 0.01 = 4.6 \text{ kg}$$

"Arvioidaan jälleen teräksen osuudeksi 1 %"

Kaiteet käytävän kohdalla

Lasikaideprofiili LK112, säädettävä lasi AL, arvio poikkileikkaukselle:

$$A_{LK112.AL} := 5.045 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

*"Huomioidaan poikkileikkauksen kevennys ja
kennomainen rakenne kertoimella 0,75, muutoin
arvioitu valmistajan mittojen mukaisesti"*

20

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

LVI-alueosat**Maalämpö ja lämmöntuotanto**

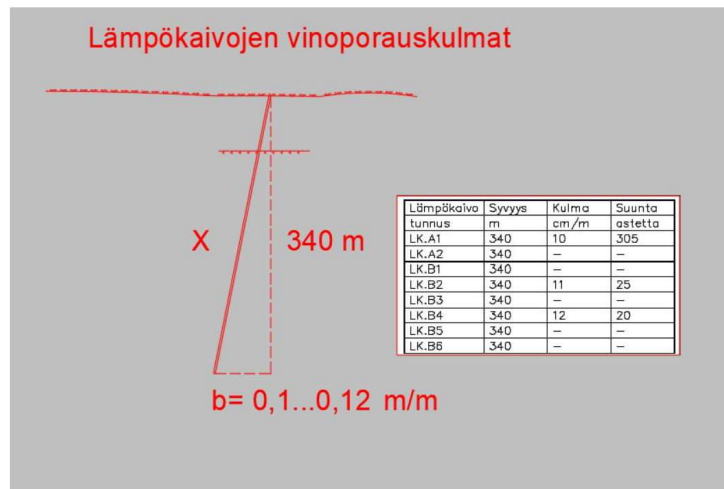
"Lämpökaivon yleisrakenne on esitetty rakennepiirustuksessa. Yleisrakenteessa noudatetaan SYKE Energiakaivo 2013 ohjeistuksen mukaista lämpökaivon rakennetta. Lämpökaivon ensisijainen dimensio on 115 mm ja teräksisen suojaputken 139,7 x 4,0 mm Suojaputken yläpäähän asennetaan tehdasvalmisteinen tiivis, ruostumaton, kiristettävä suojaputken laippa/kansi, jonka avulla putket kiinnitetään suojaputken yläpäähän ja estetään pintavesien valuminen porakaivoon. Suojaputken alaosa on ulotettava vähintään 2 m kiintokallion sisään." (LVI 515 10)

Lisäksi:

- Pohjatutkimusleikkauksien mukaisesti arvioidaan suojaputkelle riittäväksi pituudeksi n. 5m.
- Suojakaivoiksi 8x (Porakaivoiksi) oletetaan käytettäväksi Syke Energiakaivo 2013 ohjeistuksen mukaisesti ø1000 Bet. kaivorengasta h=500 umpikannella esim. Rudus. EK
- Kokoomakaivot 2x oletetaan esim. Uponor 2001914

Putket esim. Meltex

- Kollektoriputket PEH45
- Kytöntäputket PEH45- eristetty putkielementti
- Runkoputket PEH90...110 eristetty putkielementti + EPS30 eristyskourut



21

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Putket

$$L_{PEH45.1} := \left(\sqrt{340^2 \text{ m}^2 + \left(340 \text{ m} \cdot 0.1 \frac{\text{m}}{\text{m}} \right)^2} \right) \cdot 3 + \left(\sqrt{340^2 \text{ m}^2 + \left(340 \text{ m} \cdot 0.11 \frac{\text{m}}{\text{m}} \right)^2} \right) \cdot 2 = 1709.2 \text{ m}$$

$$L_{PEH45.2} := \left(\sqrt{340^2 \text{ m}^2 + \left(340 \text{ m} \cdot 0.12 \frac{\text{m}}{\text{m}} \right)^2} \right) \cdot 3 = 1027.3 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{PEH45} := (L_{PEH45.1} + L_{PEH45.2}) \cdot 2 = 5473 \text{ m}$$

"Kourut EPS- 30mm"

$$L_{PEH45.eristetty} := 115 \text{ m} \quad L_{PEH90.eristetty} := 78 \text{ m} \quad L_{PEH110.eristetty} := 11 \text{ m}$$

$$m_{EPS.30.kouru.1} := (P_{EPS.30} \cdot 0.03 \text{ m} \cdot 0.09 \text{ m} \cdot \pi \cdot L_{PEH90.eristetty}) = 14.6 \text{ kg}$$

$$m_{EPS.30.kouru.2} := (P_{EPS.30} \cdot 0.03 \text{ m} \cdot 0.11 \text{ m} \cdot \pi \cdot L_{PEH110.eristetty}) = 2.5 \text{ kg}$$

$$m_{PEH45.eristetty} := L_{PEH45.eristetty} \cdot 0.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 80.5 \text{ kg} \quad m_{PEH45} := \Sigma L_{PEH45} \cdot 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 2736.5 \text{ kg}$$

$$m_{PEH90.eristetty} := L_{PEH90.eristetty} \cdot 3.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 280.8 \text{ kg}$$

$$m_{PEH110.eristetty} := L_{PEH110.eristetty} \cdot 4.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 51.7 \text{ kg}$$

Kaivot

$$m_{kookomakaivo.uponor} := 52 \text{ kg} \cdot 2 = 104 \text{ kg} \quad m_{Porakaivo.Rudus} := 680 \text{ kg} \cdot 8 = 5440 \text{ kg}$$

Suojaputket, teräksisen 139,7 x 4,0 mm

$$m_{139.7x4.Teräs} := 5 \text{ m} \cdot 8 \cdot 13.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 536 \text{ kg}$$

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Piharakennukset

Pihavarasto, Vaunukatos 006, Polkupyöräkatos 007, Ulkovarastot 002 -ja 003, sisäänkäyntikatos ja säänsuoja kylmäkoneet

Materiaalien tiheydet

Kuusesta valmistetun kuivatun sahatavaran keskimääräinen tiheys on 472 kg/m ³ , ja lujuus luokiteltu puutavara	$P_{k.n} := 472 \frac{kg}{m^3}$	$P_{k.C24} := 420 \frac{kg}{m^3}$
Isover KL-AKU	$P_{KLAKU} := 13 \frac{kg}{m^3}$	Murske 0#32, tiivistettynä
		$P_{murske.0.32} := 2000 \frac{kg}{m^3}$
Kipsilevyt	$P_{GNE.13} := 672 \frac{kg}{m^3}$	$P_{Habido.12.5} := 976 \frac{kg}{m^3}$
Gyproc- ELPR 95/40 teräsranka k600	$P_{ELPR95.40} := 0.68 \frac{kg}{m}$	$P_{teräs} := 7850 \frac{kg}{m^3}$
$P_{bet.norm} := \frac{24 \cdot 10^3 \frac{N}{m^3}}{9.81 \frac{m}{s^2}}$	$P_{Cembrit.panel} := 1550 \frac{kg}{m^3}$	$P_{vaneri} := 433 \frac{kg}{m^3}$
Katepal, Kermikate VE80 TL2+TL2, K-PS 170/5000 + K-MS 170/3000 ja Höyrinsulkukermi K-MS 170/3000	$P_{KMS170.3000} := 3 \frac{kg}{m^2}$	$P_{KPS170.5000} := 5 \frac{kg}{m^2}$
Suodatinkankaat, Meltex sekä Valusuojakangas Lektar	$P_{N2} := 0.140 \frac{kg}{m^2}$	$P_{KL2} := 0.105 \frac{kg}{m^2}$
		$P_{Valusuoja} := 0.05 \frac{kg}{m^2}$
	$P_{Teräs.yleensä} := 7850 \frac{kg}{m^3}$	

Pihavarasto

"Tulokset ilmoitetaan kokonaisluvun tarkkuudella"

APOS

$$m_{murske.täyt.} := 0.3 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot P_{murske.0.32} = 24000 \text{ kg}$$

23

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää**

$$m_{bet.laatta} := 0.15 \text{ m} \cdot P_{bet.norm} \cdot 4 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 14678.9 \text{ kg}$$

$$m_{teräs.verkko} := (0.004 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot \frac{14 \text{ m}}{\text{m}^2} \cdot P_{teräs} \cdot 40 \text{ m}^2 = 221 \text{ kg}$$

"Loput tiedoista koostettu tietomalleista Tekla+ Solibri"

US08

$$m_{runko} := 151 \text{ m} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 374.4 \text{ kg}$$

$$m_{cembrit} := 0.008 \text{ m} \cdot P_{Cembrit.panel} \cdot 75.5 \text{ m}^2 = 936.2 \text{ kg}$$

$$m_{koolaus.vinolaudoitus} := (151 \text{ m} \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n}) + (162 \text{ m} \cdot 0.025 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n}) = 419.2 \text{ kg}$$

$$m_{havuwaneri} := 0.015 \text{ m} \cdot P_{vaneri} \cdot 75.5 \text{ m}^2 = 490.4 \text{ kg}$$

VS01

$$L_{VS01} := 3.8 \text{ m} \quad h := 2.73 \text{ m}$$

$$m_{VS01} := ((L_{VS01} \cdot h) \cdot P_{Habido.12.5} \cdot 0.0125 \text{ m} \cdot 2) + (P_{ELPR95.40} \cdot 20 \text{ m}) = 266.7 \text{ kg}$$

YP04

$$m_{kermiit} := \frac{60 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} \cdot (P_{KPS170.5000} + P_{KMS170.3000}) = 481.7 \text{ kg}$$

$$m_{atustlaudat23} := \frac{60 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.023 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 653.6 \text{ kg}$$

$$m_{palkisto198} := \frac{223 \text{ m}}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.198 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 893.2 \text{ kg}$$

$$m_{koolaus} := \frac{160 \text{ m}}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.025 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 189.5 \text{ kg}$$

$$m_{cembrit8} := 0.008 \text{ m} \cdot P_{Cembrit.panel} \cdot \frac{60 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} = 746.6 \text{ kg}$$

24

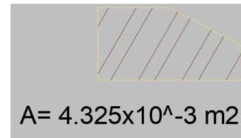
Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Korokepuu huopakate käännölle 50x100 ST

"Arvioitu DWG:stä
 Yläpohjaleikkaukset 3052"



$$m_{\text{Korokepuu}} := 22 \text{ m} \cdot 4.325 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k,n} = 44.9 \text{ kg}$$

Vaunukatos 006, Polkupyöräkatos 007

YP04

$$m_{\text{kermi}} := \frac{20 \text{ m}^2 + 15 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} \cdot (P_{KPS170.5000} + P_{KMS170.3000}) = 281 \text{ kg}$$

$$m_{\text{aluslaudat23}} := \frac{20 \text{ m}^2 + 15 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.023 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 381.3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{palkisto198}} := \frac{133 \text{ m}}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.198 \text{ m} \cdot P_{k,C24} = 532.7 \text{ kg}$$

$$m_{\text{koolaus}} := \frac{195 \text{ m}}{\cos(4.76^\circ)} \cdot 0.025 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 230.9 \text{ kg}$$

$$m_{\text{cembrit8}} := 0.008 \text{ m} \cdot P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot \frac{20 \text{ m}^2 + 15 \text{ m}^2}{\cos(4.76^\circ)} = 435.5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Korokepuu}} := 25 \text{ m} \cdot 4.325 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k,n} = 51 \text{ kg}$$

Ulkovarasto ja katos, Prtn. 2703

YP05

$$m_{\text{kermi}} := \left(\frac{17.8 \text{ m}^2}{\cos(5.71^\circ)} \cdot (P_{KPS170.5000} + P_{KMS170.3000}) \right) + (0.3 \text{ m} \cdot 8.9 \text{ m} \cdot P_{KMS170.3000}) = 151.1 \text{ kg}$$

$$m_{\text{aluslaudat23}} := \frac{17.8 \text{ m}^2}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 0.023 \text{ m} \cdot P_{k,n} = 194.2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{palkisto148}} := \frac{30 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.148 \text{ m} \cdot P_{k,C24} = 90 \text{ kg}$$

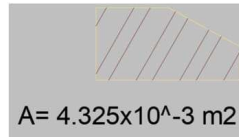
25

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

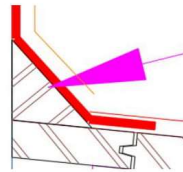
Korokepuu huopakate käännölle 50x100 ST



"Arvioitu DWG:stä
 Yläpohjaleikkaukset 3052"

$$m_{\text{Korokepuu}} := \frac{2 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 4.325 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k.n} = 4.1 \text{ kg}$$

$$m_{\text{kolmiorima}} := 8.9 \text{ m} \cdot 1.244 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k.n} = 5.2 \text{ kg}$$



Räystä-, juuri- ja myrskypellit

$$m_{\text{Pelti.kermisuoja}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 8.9 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.38 \text{ m} = 13.3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Pelti.sivuräystäät}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 8.9 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m} = 7 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Pelti.korokepuu}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot \frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 5.5 \text{ kg}$$

Räystäslaudat 2x 20x75+20x120

$$m_{\text{räystäslaudat}} := 8.9 \text{ m} \cdot ((0.02 \text{ m} \cdot 0.12 \text{ m}) + (2 \cdot 0.02 \text{ m} \cdot 0.075 \text{ m})) \cdot P_{k.n} = 22.7 \text{ kg}$$

HEA120- palkit

$$m_{\text{HEA120}} := 19.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 8.9 \text{ m} \cdot 2 = 354.2 \text{ kg}$$

26

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää****US08**

$$m_{\text{runko}} := 37 \text{ m} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.123 \text{ m} \cdot P_{k.C24} = 91.7 \text{ kg}$$

$$m_{\text{cembrit}} := 0.008 \text{ m} \cdot P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot 14.64 \text{ m}^2 = 181.5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{koolaus.vinolaudoitus}} := (48 \text{ m} \cdot 0.032 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n}) + (30 \text{ m} \cdot 0.025 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n}) = 107.9 \text{ kg}$$

$$m_{\text{havuvanerii}} := 0.015 \text{ m} \cdot P_{\text{vaneri}} \cdot 14.64 \text{ m}^2 = 95.1 \text{ kg}$$

VS01

$$L_{\text{VS01}} := 1.8 \text{ m} \quad h := 2.4 \text{ m}$$

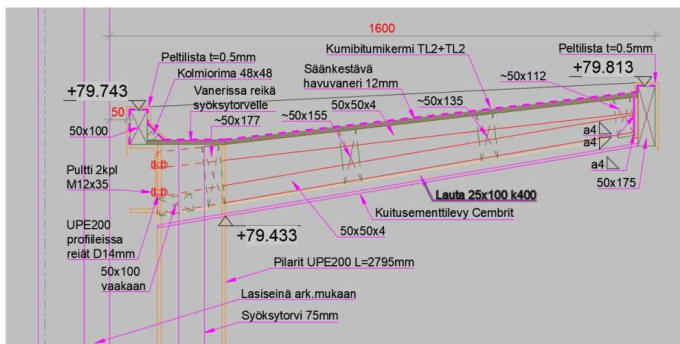
$$m_{\text{VS01}} := ((L_{\text{VS01}} \cdot h) \cdot P_{\text{Habido.12.5}} \cdot 0.0125 \text{ m} \cdot 2) + (P_{\text{ELPR95.40}} \cdot 20 \text{ m}) = 119 \text{ kg}$$

Sisäänkäyntikatos, Prtn. 3603**Pilarit UPE-200 + UPE-200 räystäösosassa**

$$m_{\text{UPE200}} := ((2.795 \text{ m} \cdot 2 + 2.9 \text{ m}) \cdot 0.00298 \text{ m}^2) \cdot P_{\text{Teräs.yleensä}} = 198.6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{kermii}} := \left(\frac{1.55 \text{ m} \cdot 2.9 \text{ m}}{\cos(9.46^\circ)} \cdot (P_{\text{KPS170.5000}} + P_{\text{KMS170.3000}}) \right) + (0.3 \text{ m} \cdot 6.1 \text{ m} \cdot P_{\text{KMS170.3000}}) = 41.9 \text{ kg}$$

$$m_{\text{vaneri12}} := \frac{1.55 \text{ m} \cdot 2.9 \text{ m}}{\cos(9.46^\circ)} \cdot 0.012 \text{ m} \cdot P_{\text{vaneri}} = 23.7 \text{ kg}$$

"Vaihtuva palkiston dimensio ja täten määritetty yhteismassa"

27

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

$$A_{\text{palkisto.yhteis}} := (0.05 \text{ m} \cdot 0.175 \text{ m}) + (0.05 \text{ m} \cdot 0.112 \text{ m}) + (0.05 \text{ m} \cdot 0.135 \text{ m}) + (0.05 \text{ m} \cdot 0.155 \text{ m}) + (0.05 \text{ m} \cdot 0.177 \text{ m}) + (0.05 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m}) = (4.3 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$m_{\text{palkisto.puu.yhteis}} := 2.9 \text{ m} \cdot A_{\text{palkisto.yhteis}} \cdot P_{k.C24} = 52 \text{ kg}$$

Palkisto 50x50x4

$$m_{50.50.4} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 6.95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \frac{1.41 \text{ m} \cdot 4}{\cos(9.46^\circ)} = 31.2 \text{ kg}$$

Korokepuu huopakate käännölle 50x100 ST

"Arvioitu DWG:stä
Yläpohjaleikkaukset 3052"

$$m_{\text{Korokepuu}} := 6.1 \text{ m} \cdot 0.05 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 14.4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{kolmiöräma}} := 6.1 \text{ m} \cdot 1.244 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot P_{k.n} = 3.6 \text{ kg}$$

Räystäs-, juuri- ja myrskypellit

$$m_{\text{Peltti.kermisuoja}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 2.9 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.315 \text{ m} = 3.6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Peltti.korokepuu}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 6.1 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 8.4 \text{ kg}$$

Koolaus ja levytys

$$m_{\text{cembrit}} := 0.008 \text{ m} \cdot P_{\text{Cembrit.panel}} \cdot \frac{1.55 \text{ m} \cdot 2.9 \text{ m}}{\cos(9.46^\circ)} = 56.5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{koolaus}} := (13 \text{ m} \cdot 0.025 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot P_{k.n}) = 15.3 \text{ kg}$$

Säänsuoja, Prtn. 2703**YP05**

$$m_{\text{kermiit}} := \left(\frac{3.01 \text{ m} \cdot 0.8 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot (P_{\text{KPS170.5000}} + P_{\text{KMS170.3000}}) \right) = 19.4 \text{ kg}$$

28

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK****19.03.2020****Hyvinvointikampuksen päiväkotit, Järvenpää**

$$m_{\text{alustalaudat23}} := \frac{3.01 \text{ m} \cdot 0.8 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 0.023 \text{ m} \cdot P_{k.n} = 26.3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{palkisto.48.98}} := \frac{0.8 \text{ m}}{\cos(5.71^\circ)} \cdot 0.048 \text{ m} \cdot 0.098 \text{ m} \cdot \left(\left(\frac{3.01 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right) + 1 \right) \cdot P_{k.C24} = 9.6 \text{ kg}$$

Räystäslaudat 2x 20x75+20x120

$$m_{\text{räystäslaudat}} := 3.01 \text{ m} \cdot ((0.02 \text{ m} \cdot 0.12 \text{ m}) + (2 \cdot 0.02 \text{ m} \cdot 0.075 \text{ m})) \cdot P_{k.n} = 7.7 \text{ kg}$$

$$m_{50.50.4} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 6.95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 14 \text{ m} = 76.4 \text{ kg}$$

$$A_{\text{reikä.verkko}} := (1.05 \text{ m}^2 \cdot 2) + 4.06 \text{ m}^2 = 6.2 \text{ m}^2$$

"Arvioidaan reikäverkko jyrssiäverkoksi Silmäkoko ~6,3 x 6,3mm, 0,6mm, ja huomioidaan vielä silmäkoko ja tämän aiheuttama verkon avoinala kertoimella 0.524"

$$m_{\text{reikä.verkko}} := P_{\text{Teräs.yleensä}} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 0.524 \cdot A_{\text{reikä.verkko}} = 15.2 \text{ kg}$$

29

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Ympäristöselosteet (EPD)

"Ympäristöselosteista lasketaan kunkin materiaalin tai tuotteen selosteen mukaiset GWP= Global Warming Potential, jonka arvo sijoitetaan kohtaan D- elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt. Materiaalien valmistus ja kuljetusvaiheille A1- A4 lasketaan myös omat ympäristöselosteiden mukaiset tarkemmat arvonsa."

Pintamateriaalit ja käsittelyt:

Keim Concretal lasur

Hiilijalanjälki +, Hiilikädenjälki -

$$AGWP_{A1.4} := 1.2 + 2.46 \cdot 10^{-2} = 1.22 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$AGWP_D := -7.86 \cdot 10^{-2} = -0.08 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Maalit, Teknos, sisä

$$BGWP_{A1.4} := 2.19 \cdot 2.8 = 6.13 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Maalit, Teknos Nordica Matt, ulko

$$CGWP_{A1.4} := 2.1 \cdot 1.2 = 2.52 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Maalit, Teknos Maali, Siloksan Anti- carb 2x, ulko

$$C2GWP_{A1.4} := 2.1 \cdot 1.3 = 2.73 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Kipsilevy, Habito 12,5mm

$$DGWP_{A1.4} := \frac{2.34 + 0.41 + 0.24}{12.2} = 0.25 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$DGWP_D := \frac{-0.02}{12.2} = -0.002 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

30

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Gybroc, Metalliranka GS95

$$EGWP_{A1.4} := \frac{290 + 43.2}{1000} = 0.33 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$EGWP_D := \frac{-1610}{1000} = -1.61 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Sahatavara ja puuosat

$$FGWP_{A1.4} := \frac{18.51 + 615 + 8.83}{474} = 1.36 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$FGWP_{A1.41} := \frac{-1289}{474} = -2.72 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$FGWP_D := \frac{-218}{474} = -0.46 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Kumimatto, Noroplan Lona, LP1

$$GGWP_{A1.4} := 5.87 + 1.82 \cdot 10^{-1} \cdot 0.298 = 5.92 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$GGWP_D := -0.957 \cdot 0.298 = -0.29 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Tasoite 45mm, Webervetonit 130 Core Comfort plano

$$HGWP_{A1.4} := \frac{4.26 + 0.51}{76.5} = 0.06 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Vahtolasimurske, 220mm

$$IGWP_{A1.4} := 0.31 = 0.31 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

31

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Kova mineraalivilla, Laakerikerros, Paroc ROB80t, 20 mm

$$JGWP_{A1.4} := (1.46 + 0.0495) \cdot 6.76 \cdot 1.062 = 10.84 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$JGWP_D := -0.0465 \cdot 6.76 \cdot 1.062 = -0.33 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Lämmöneristelevy, uritettu, Paroc ROS 30g, 180mm

$$KGWP_{A1.4} := (1.46 + 0.0495) \cdot 3.33 \cdot 1.062 = 5.34 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$KGWP_D := -0.0465 \cdot 3.33 \cdot 1.062 = -0.16 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Lämmöneristelevy, Paroc ROS 30, 200 mm

$$LGWP_{A1.4} := (1.46 + 0.0495) \cdot 3.33 \cdot 1.062 = 5.34 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$LGWP_D := -0.0465 \cdot 3.33 \cdot 1.062 = -0.16 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Tuulensuojavilla 25 mm, L= 900 mm, Isover RKL-31

$$MGWP_{A1.4} := \frac{1.71}{1.953} = 0.88 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Teräspoimulevy, Ruukki 130 mm

$$NGWP_{A1.4} := 2.75 = 2.75 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$NGWP_D := -1.32 = -1.32 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

32 **Määrä- ja massaluettelo, laskelmat**
Hyvinvointikampuksen päiväkot, Järvenpää

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Kipsilevy, GN13 (12,5mm)

$$OGWP_{A1.4} := \frac{2.39}{8.4} = 0.28 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$OGWP_D := \frac{-0.02}{8.4} = -0.002 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Kipsilevy, GEK13 (12,5mm)

$$PGWP_{A1.4} := \frac{2.83}{9.9} = 0.29 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$PGWP_D := \frac{-0.02}{9.9} = -0.002 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

SW- elem. Eriste Kingspan Kooltherm K3

$$QGWP_{A1.4} := \frac{\left((4.62 + 0.0621) \cdot \frac{0.15}{3} \right)}{5.25} = 2.12 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Kevyt- SW- elementti, Paroc AST-S, 240mm

$$RGWP_{A1.4} := \left(\frac{29.64}{3.312} \right) \cdot 1.24 = 11.1 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

$$RGWP_D := - \left(\frac{14.3}{3.312} \right) \cdot 1.24 = -5.35 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Kiinnityslaasti, Weber rex fix

$$SGWP_{A1.4} := 0.435 = 0.44 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

33

Määrä- ja massaluettelo, laskelmat

Martti Virtanen
INRAP16A3, HAMK

19.03.2020

Hyvinvointikampuksen päiväkotii, Järvenpää

Kahi- harkkoseinä, runkopontti 130mm, täysi

$$TGWP_{A1.4} := \frac{230.4}{1620} = 0.14 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Ecophon wave (Baffle)

$$UGWP_{A1.4} := \frac{7.35}{3.92} = 1.88 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Ecophon focus 600x600

$$VGWP_{A1.4} := \frac{3.37}{1.56} = 2.16 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

Ecophon hygiene foodtec 600x600

$$WGWP_{A1.4} := \frac{3.86}{1.28} = 3.02 \quad \frac{kgCO_2e}{kg}$$

D- elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt ja potentiaalit (Σ)

$$\begin{aligned} \Sigma GWP_D := & AGWP_D \cdot 12.7 + DGWP_D \cdot 14263 + EGWP_D \cdot 698 + FGWP_D \cdot 29623.7 \downarrow \\ & + GGWP_D \cdot 4821.2 + JGWP_D \cdot 49 + KGWP_D \cdot 4158 + NGWP_D \cdot 1976.3 \downarrow \\ & + OGWP_D \cdot 5627.1 + PGWP_D \cdot 384.5 + RGWP_D \cdot 6296.3 \end{aligned}$$

"Lasketaan jokaisen rakenne- ja materiaaliosan potentiaali summaten yhteen kunkin osan hyödyn ja kokonaismassan tulo. Lopuksi ilmoitetaan saatu mahdollinen kokonaishyöty potentiaali jyvitettyinä tarkastelujaksolle ja rakennuksen nettopinta-alalle".

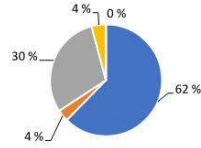
$$\Sigma GWP_{D.a.net} := \frac{\Sigma GWP_D}{2071 \cdot 50} = -0.51 \quad \frac{kgCO_2e}{m^2 \text{ netto}} \quad a$$

	Maali, EKORA 3 -ja 7			44,8	https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/...
	Sisäkattojen maalaus, Levy	153,0			
	Maali, EKORA 3 -ja 7			21,4	https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/...
1325 Seinien pintarakenteet	Sisäseinien pintarakenteet, laatoitukset etc. Muut tilat summattuna yhten	594,8			
	Keraaminen laatoitus, 7mm		4,2	8 765,0	
	Kiinnityslaasti, Weber rex fix		1,8	1 784,5	https://www.fi.weberfiles.fi/2019-06/
	Vedeneristys, seriffoitu vedeneristysjärjestelmä, Weber WP			537,7	
	Kotoussuika, Weber MS			119,0	
	Weber velonit MT märkätilaolos			3 866,5	
	Alakaton yläpuolen maalaus	675,0			
	Pölynsidonta, Ekora 3 x1			126,6	https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/...
134 Muut tilaosat					
1342 Tulisijat ja savuhormit					
135 Tilaelementit					
1351 Kyttyhuone- elementit					
1353 Saunaelementit					
1354 Talotekniikan tilaelementit					
1355 Hormit					
2 TEKNIKKAKAOSAT, LVI2010- nimik.					
Lämmitysjärjestelmät					
2111 Keskusosat					
2112 Siirto- osat	Talotekniikan kokonaispäästöt, kem²	2 206,0			
	Patteriverkosto				
2113 Pääteosat					
2114 Alueosat	Maalämpö				
	Kokoonkaivot oletetaan esim. Uponor 2001914		2	104,0	
	Suojakaivoiksi esim. Rudus EK ø1000, h= 500		8	5 440,0	
	Suojaputket, teräksisen 139,7 x 4,0 mm	40,0		536,0	
	Kollektoriputket PEH45	5 473,0		2 736,5	
	Kytkenäputket PEH45- eristetty putkielementti	115,0		60,8	
	Runkoputket PEH90...110 eristetty putkielementti + EPS30 eristyskourut				
	PEH90	78,0		280,8	
	PEH110	11,0		51,7	
	EPS30 eristyskourut	89,0		18,0	
Vesi- ja viemärijärjestelmät					
2121 Keskusosat					
2122 Siirto- osat	Talotekniikan kokonaispäästöt, kem²	2 206,0			
	Vesijohtojärjestelmä				
	Viemäriputkisto				
2123 Pääteosat	Aputilahana, Oras Safira 1056		1	1,5	
	Aputilahana, Oras Safira 1074		2	2,9	
	Aputilahana, Oras Safira 1077		9	17,1	
	Pesuallashana, Oras Electra 6105		6	21,0	
	Pesuallashana, Oras Electra 6204		2	6,5	
	Suihkuhana ja -setti, Oras Optima 7149		5	19,0	
	Pesuallashana, Oras Vega 1810G		3	3,6	
	Pesuallashana bidella, Oras Vega 1812G		2	3,2	
	Keittihana, Oras Vega 1820G		4	5,7	
	Keittihana, Oras Vega 1825FG		2	3,2	
	Aputilahana, Oras Vega 1828G		8	14,7	
	Suihkuhana, Oras Vega1870G		6	6,0	
	Pesuallashana, Oras Electra 6121F		26	44,2	
	Pesuallas 560x420, oletus IDO Glow 11162	0,3	30	210,0	
	Pesuallas, Gaius Original	0,0	2	14,0	
	Pesuallas, Ido Miniera 370x235	0,1	3	18,0	
	Pesuallas, Franke Osma		2	5,6	
	Rst-allas, Franke Päijänne	0,0	10	48,0	
	Wc-istuin, oletus IDO Glow 60, kova istuin kansi	1,4	26	875,6	
	Wc-istuin, oletus IDO Glow 60, tulkahavoilla, kova istuin kansi	0,2	3	112,5	
	LK1, Lattakaivo+ allas, JALOSTEEL 300x300		2	24,0	
	LK2, Lattakaivo+ allas, JALOSTEEL 600x400		1	32,0	
	LK3, Lattakaivo+ allas, JALOSTEEL 300x300		6	72,0	
	LK4, Lattakaivo+ allas, JALOSTEEL 1100x200		2	60,0	
2124 Alueosat	Salaaja- ja sadevesiviemärint osat (PE, PP ja PVC)				
	Salaajien tarkastuskaivo, SOK		14	140,0	
	Salaajaputki, 110/95, tulpia	200,0		134,0	
	Sadevesiputki, 110/95	135,0		81,0	
	Sadevesiputki, ø160	133,0		79,8	
	Sadevesiputki, ø200	50,0		30,0	
	Purkuputki, L=1m	1,0	1	0,6	
	Suojaputki, L=1m	1,0	1	0,6	
	Viemäriputki, ø110	37,0		37,0	
	Viemäriputki, ø160	22,0		46,8	
	Viemärin tarkastuskaivo, VTP1		1	30,0	
	Viemärin tarkastuskaivo, VTP2		1	30,0	
	Sadevesiviemärin tarkastuskaivo, SVTK1		19	665,0	
	Sadevesiviemärin tarkastuskaivo, SVTK2		7	623,0	
	Sadevesiviemärin tarkastuskaivo, SVK1		15	1 335,0	
	Rännikaivo, RK- Jupalco		11	330,0	
	Jätevesiviemärin tarkastuskaivo, JVTK1		2	126,0	
	Rasvanerotin, REK1		1	294,0	
	Perusvesipumppaamo, PVP1, 2M		1	220,0	
	Näytteenottokaivo, NOK1		1	405,0	
	VSS, SVK		2	82,0	
	Huonevesiallas, Pipelfe Stormbox 1200x300*600, (6x12 kpl)		112	1 792,0	
	Tontti vesijohto, ø63	33,0		33,0	
	Radonputki, salaaja, imukanava, ø125	271,0		135,5	
	Radonputki, umpi, siirtokanava, ø125	25,0		25,0	
	Radonputki, umpi, kokoojakanava, ø160	58,0		58,0	
	Kaapelikaivo, (Bet) ø1000, h=1500 esim. Rudus- kaivotuotteet	7,5	8,5	5 787,0	
	Anviotti -UL- kavorenkaalla+ pohjalla ja kannella, jossa ø600 aukko.				
	Kaapelien suoja-putket				
	ø110	439,0		439,0	
	ø160	74,0		74,0	
	Läpiviennit, Penustukset L= 1750mm, ø110	10,5		10,5	
	Viemäriputkien routaeristys, EPS 70... 100	220,8	22,1	465,8	
	Kaivojen routaeristys, EPS 50	105,1	5,3	115,7	
	Rännikouru 150mm	100,0	0,0	110,7	
	Syöksytorni ø150	3,0	0,0	6,7	
	Syöksytorni suora ø150	72,0	0,0	11 160,0	
	Syöksytorni suora ø75	15,0	0,0	7 16,6	
Ilmastointijärjestelmät					
2131 Keskusosat	Talotekniikan kokonaispäästöt, kem²				
2132 Siirto- osat	Ilmanvaihtojärjestelmä, huonekohtaisiin konein -, kanavistoin -ja pääteit	2 206,0			
2133 Pääteosat					
2134 Alueosat					
Jäähdytysjärjestelmät					
2141 Keskusosat					
2142 Siirto- osat					
2143 Pääteosat					
2144 Alueosat					
Paloturvajärjestelmät					
2152 Siirto- osat					
Sähköjärjestelmät, S2010- nimik.					
Tuotanto ja liittäminen					
S212 Sähkön tuotantojärjestelmät ja -laitteistot	Talotekniikan kokonaispäästöt, Sähkölaitteet ja kaapeloinnit, kem²	2 206,0			
	Oletetaan lisäksi, että päästöihin kuuluvat päätelaitteet ja osat				
S212 Sähkön tuotantojärjestelmät ja -laitteistot	Aurinkopaneelit, kileinen -1000x1650	96,0		58	

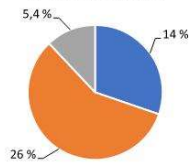
Pääjakelu								
S221 Keskiännitejakelujärjestelmät								
S222 Pääjakelujärjestelmät								
Sähköstys								
S231 Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys								
S232 LVI- laitteiden ja -laitteistojen sähköistys								
S233 Käytävän laitteiden ja laitteistojen sähköistys								
Valaistusjärjestelmät								
S251 Sisävalaistusjärjestelmä								
S252 Ulkovalaistusjärjestelmä								
S253 Aikovalaistusjärjestelmä								
Sähkölämmitysjärjestelmät								
S261 Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä								
S262 Lattialämmitykset								
251 Siirtolaitteet								
2511 Hissit	Kone Oy 'MonoSpace 500', 630kg/8henk				1		https://qnyphon4.environdec.com/sy	
Värikorostuksien selitykset	Ei huomioitava rakenneosia tai materiaali kopulisessa arvioinnissa.				Σ	9 392 143,4	kg	
	Rajaus 1							
	Rajaus 2							

Elinkaaren CO₂e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 1
(+) 1665 tCO₂e, (-) 75 tCO₂e

- Valmistus ja kuljetus A1-4
- Käyttö B3-4,6
- Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D
- Työmaatoiminnot A5
- Purkaminen C



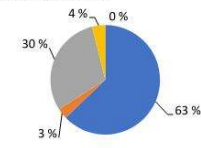
%- osuudet rajaus 1



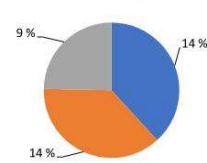
- Hiilijalanjälki +
- Hiilikädenjälki -
- Hiilijalanjälki + (Vaihto)

Elinkaaren CO₂e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 2
(+) 1811 tCO₂e, (-) 91 tCO₂e

- Valmistus ja kuljetus A1-4
- Käyttö B3-4,6
- Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D
- Työmaatoiminnot A5
- Purkaminen C



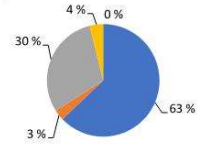
%- osuudet rajaus 1



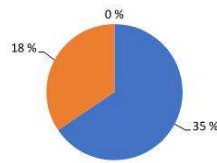
- Hiilijalanjälki +
- Hiilikädenjälki -
- Hiilijalanjälki + (Vaihto)

Elinkaaren CO₂e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 1
(+) 1665 tCO₂e, (-) 75 tCO₂e

- Valmistus ja kuljetus A1-4
- Käyttö B3-4,6
- Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D
- Työmaatoiminnot A5
- Purkaminen C



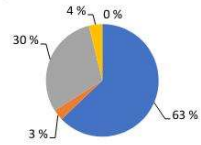
%- osuudet rajaus 2



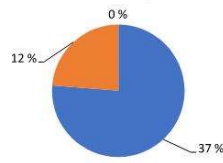
- Hiilijalanjälki +
- Hiilikädenjälki -
- Hiilijalanjälki + (Vaihto)

Elinkaaren CO₂e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 2
(+) 1811 tCO₂e, (-) 91 tCO₂e

- Valmistus ja kuljetus A1-4
- Käyttö B3-4,6
- Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset D
- Työmaatoiminnot A5
- Purkaminen C

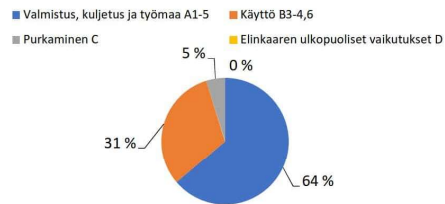


%- osuudet rajaus 2

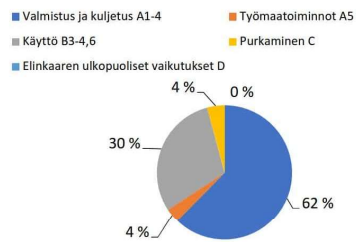


- Hiilijalanjälki +
- Hiilikädenjälki -
- Hiilijalanjälki + (Vaihto)

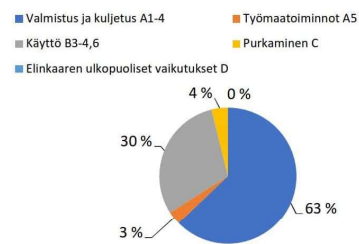
Elinkaaren CO2e päästöt yhteensä A-D ,nollaE Oy
928 tCOe



Elinkaaren CO2e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 1
(+) 1665 tCOe, (-) 75 tCOe



Elinkaaren CO2e päästöt ja hyödyt yhteensä A-D,
Laskelma 2
(+) 1811 tCOe, (-) 91 tCOe



nollaE Oy : Laskelmat 1 ja 2

