

VERTAILUTUTKIMUS CLT-RAKENTEISEN TALON ULKOSEINIEN HIILIJALANJÄLJEN MUODOSTUMISESTA

Toimeksiantaja

CLT Finland 'Hoisko', y-tunnus 2724589-2

Työn sisältö työsuunnitelman mukaan

1. Lasketaan CLT-rakenteisen talon rakentamisessa käytettävän CLT-materiaalin hiilijalanjälki yksilöidystä n. 100 m² pientalosta sekä tehdään vertailu saman talon hiilijalanjäljestä, mikäli se olisi rakennettu tiilestä tai betonista.
2. Tehdään laskelma talon CLT-rakenteisiin käytetyn puun kuljetuksen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä vaihtoehtoisilla kuljetusmatkoilla ja kuljetustavoilla esim. lähialue, kotimaa, Venäjän Karjala, Keski-Eurooppa.
3. Lasketaan talon valmiiden CLT-materiaalien kuljetuksen aiheuttama kokonaishiilijalanjälki sekä hiilijalanjälki/km maatiekuljetusta.
4. Tehdään laskelma CLT-levyn valmistuksessa syntyvien sivuvirtojen hiilijalanjäljestä eri tavoin käytettynä (poltto tai rakennusmateriaalikäyttö).

Laskennassa käytetään SYKE:n tekemiä hiilijalanjälkilaskureita: SYNERGIA Laskuri päärakenteiden hiilijalanjäljelle ja Y-HIILARI-laskuri, jota käytetään kuljetusten laskennassa. Laskureissa ja laskennassa käytetään materiaalien keskimääräisiä arvoja, joten laskurien antamat tulokset eivät ole tarkkoja vaan keskiarvoihin perustuvia. Laskurien käytöstä on keskusteltu SYKE:n kanssa, joka arvioi niiden sopivan tähän tarkoitukseen.

Hoisko toimittaa tarvittavat tiedot yksilöidystä CLT-rakenteisesta talosta mm. seinien pinta-alat ja paksuudet tai tilavuudet sekä tiedot muista talon CLT-rakenteista esim. lattia ja välipohja.

Tarkennuksia työsuunnitelmaan:

Työn toteutuksen yhteydessä sovittiin toimeksiantajan kanssa, että vertailulaskenta tehdään tiiliverhoillusta puurunkoisesta, tiiliverhoillusta harkkorunkoisesta sekä puuverhoillusta puurunkoisesta talosta. Toimeksiantaja ilmoitti valmistamansa CLT-levyn kuutiopainon, kg/m³ sekä taloon tarvittavan CLT-materiaalin tiedot. Puumateriaalin ja valmiiden CLT-levyjen kuljetusmatkoja ja paikkoja tarkennettiin. Paikat ja etäisyydet ovat kuitenkin oletuksia, ja ne eivät pohjaudu mihinkään toteutettuun kuljetukseen.

RAPORTTI

Taustaa

Sitran julkaisemassa kiertotalouden tiekartassa ´Kierrolla kärkeen´ (Sitra 2016) metsäperäiset kierrot ovat yksi Suomen kiertotalouden painopistealueista. Tiekartassa tavoitteena on mm. luoda kannusteita suomalaisen puurakentamisen sekä designpuuhuonekalu- ja sisustusalojen kehitykselle. Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti kannustetaan pitkäikäisiä ja korkean lisäarvon tuotteita asumisessa. Kannusteita voidaan luoda muun muassa panostamalla osaamisen kehittämiseen, tietoisuuden kasvattamiseen ja alan yritysten liiketoiminnan kehitykseen. Julkisissa hankinnoissa kannustetaan puupohjaisten ja muiden uusiutuvista raaka-aineista tehtyjen tuotteiden valintaan silloin, kun niiden on elinkaaritarkastelussa todettu olevan kokonaisvaltaisesti kestävämpiä.

Joona Lähteenmäen (2017) tekemän diplomityön mukaan CLT:llä on Suomen olosuhteissa suotuisat kasvunäkymät, sillä CLT soveltuu Suomen puurakentamiseen ja Suomessa on kaikki edellytykset tuottaa runsain määrin tarvittavaa raaka-ainesta rakennusteollisuudelle. Selvityksen perusteella CLT soveltuu myös pientalorakentamiseen. CLT mahdollistaa huomattavasti monipuolisemman arkkitehtuurisen muokattavuuden elementtirakenteensa johdosta. Pintojen aukottaminen ja haastavammat ulokkeelliset muodot on mahdollista toteuttaa yksinkertaisin keinoin. CLT-levyn rakenteen yksinkertaisuus helpottaa myös tilaelementtituotannossa useita asioita mm. kiintokalusteiden asentamista ja ulkoseinän kokoamista. Massiivipuinen jäykkä rakenne tekee myös osa- ja tilaelementtien siirtämisestä helpompaa. CLT tekee siis tuotantoprosessista yksinkertaisempaa ja nopeampaa (Aku Ahlberg 2015).

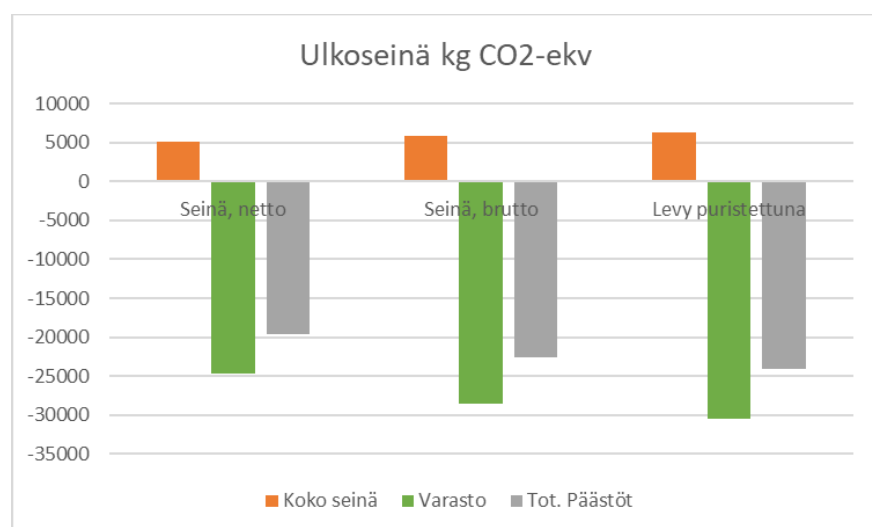
Rakennusten elinkaaren hiilijalanjälki syntyy rakennusmateriaalien valmistuksesta, kuljetuksesta, työmaatoiminnoista, kunnossapidosta ja korjauksesta, materiaalien vaihdoista, energian ja veden käytöstä sekä rakennuksen purkamisesta ja materiaalien loppukäsittelystä. Tällä hetkellä hiilijalanjäljestä suurin osa syntyy rakennuksen käytön aikaisesta energian käytöstä. Laaja tutkimusaineisto kuitenkin osoittaa, että rakennusmateriaalien osuus elinkaaren päästöistä on merkittävä. Energiantuotannon päästöjen laskiessa ja rakennusten energiatehokkuuden parantuessa tämä osuus myös kasvaa. (Bionova Oy 2017)

Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa sähkö- ja kaukolämmön hiilijalanjälki pienenee ja rakennusmateriaalien suhteellinen osuus rakennusten hiilijalanjäljestä kasvaa. Rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt voivat olla jopa samaa luokkaa kuin viidenkymmenen vuoden lämmitysenergian. Kun rakennuksen energiatehokkuus on huippuluokkaa, rakennusmateriaalien hiilijalanjälki korostuu. Tutkimuksen mukaan passiivitalossa ja nollaenergiatalossa rakennusmateriaalien osuus kasvihuonepäästöistä voi olla jopa puolitoistakertainen lämmitykseen viidenkymmenen vuoden aikana kuluvaan energiaan verrattuna. (Ympäristö-lehti 2013) Materiaaleihin sisältyy huomattava päästövähennyspotentialiaali, joka lisäksi painottuu rakennuksen elinkaaren alkupäähän. Tämä on tärkeää ilmastopolitiikan nopean vaikuttavuuden kannalta (Bionova 2017).

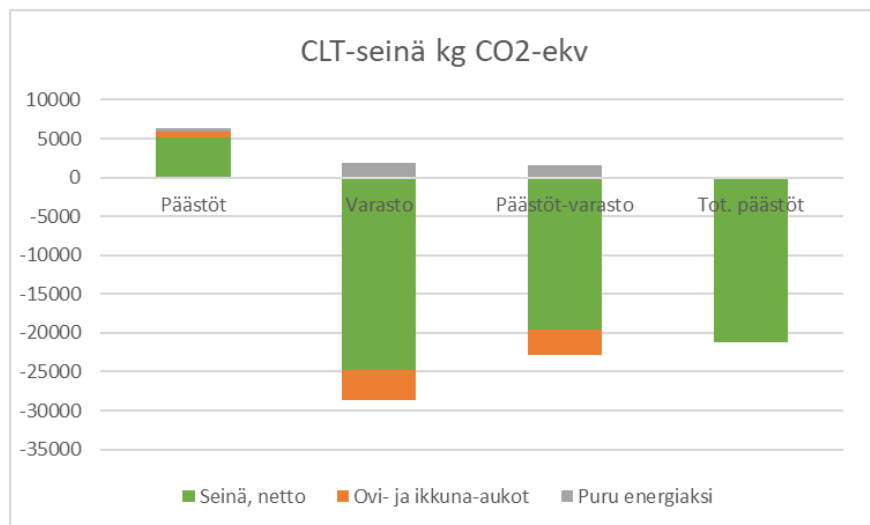
Osa 1

CLT-levystä rakennetun pientalon hiilijalanjäljen muodostuminen

Selvityksessä vertailtiin CLT-levystä rakennetun talon ulkoseinän hiilijalanjäljen muodostumista SYKE:n SYNERGIA Laskuri päärakenteiden hiilijalanjäljelle laskuria käyttäen. Laskurin katsottiin sopivan tähän tarkoitukseen, koska tässä selvityksessä oli tarkoituksena laskea ulkoseinärakenteiden hiilijalanjälki. Koko talon tai rakennuksen elinkaaren laskentaan on syytä käyttää LCA-laskentaohjelmia. Laskennassa käytettiin työn tilaajan antamia tietoja CLT-levyn määrästä ja talon rakenteista. Talossa käytetyn levyn paksuus on 240 mm, ja talossa ei ole lisäeristystä. Pintamateriaaleja ei huomioitu laskennassa. Laskennassa on huomioitu levyn valmistuksen aiheuttamat päästöt ja syntyvä hiilivarasto (kuva 1) pohjautuen käytetyn ohjelman ohjeissa annettuihin arvoihin. Ovi- ja ikkuna-aukkojen osuus sekä syntyvän purun määrä on huomioitu erikseen kuvassa 2. Ovi- ja ikkuna-aukot siirtyvät jatkojalostukseen, joten ne muodostavat hiilivaraston. Puru menee energiakäyttöön, jolloin varastoa ei synny.



Kuva 1. CLT-levystä rakennetun talon hiilijalanjäljen vertailu valmiista seinästä (netto), CLT-levyistä, joissa on ikkuna- ja oviaukot mukana (brutto) sekä käsittelemättömästä levystä.

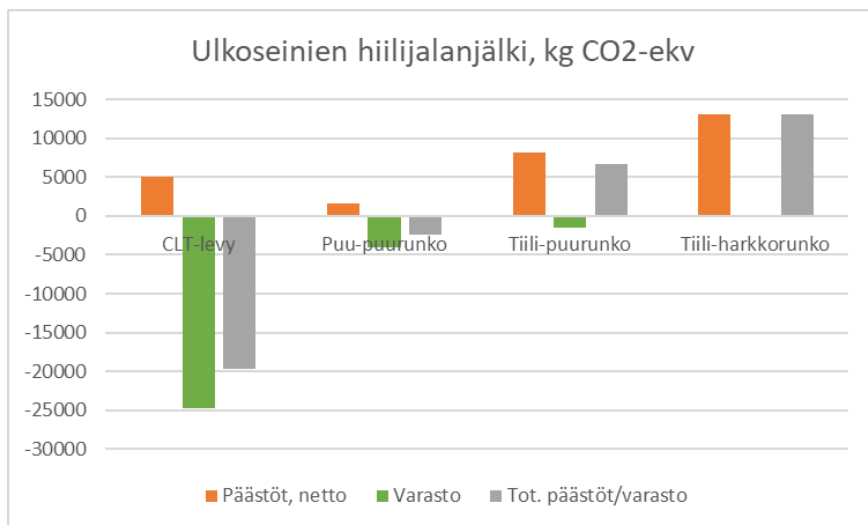


Kuva 2. Kuvan 1. ja 2. pylväs kuvaavat CLT-levyn valmistuksen kokonaispäästöjä ja varastoa huomioiden ovi- ja ikkuna-aukot sekä muodostuva puru. Pylväät 3 ja 4 kuvaavat kokonaispäästöjä, kg CO2-ekv.

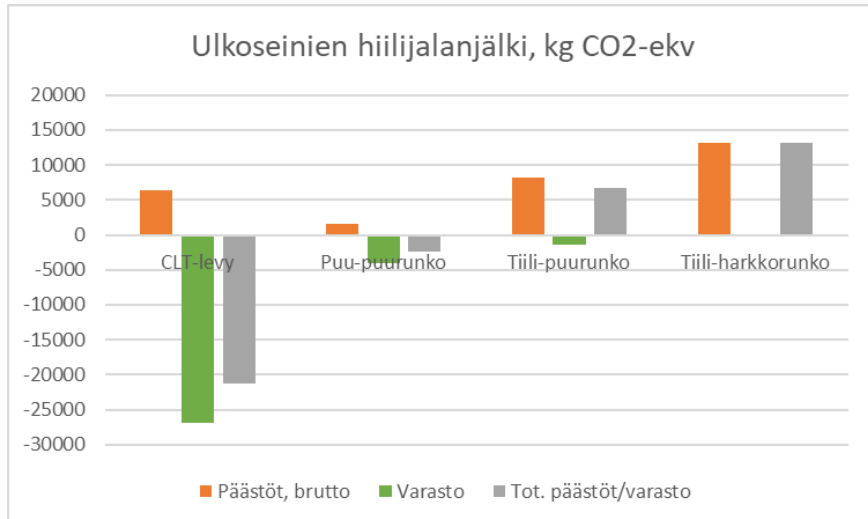
Vertailu eri ulkoseinämaterialien välillä

Vertailtiin CLT-levystä rakennetun talon ulkoseinän hiilijalanjälkeä puuverhoiltuun puurunkoiseen, tiiliverhoiltuun puurunkoiseen ja tiiliverhoiltuun harkkorunkoiseen taloon. Seinien pinta-ala on kaikissa vaihtoehdossa sama. Vertailutaloissa on käytetty rakentaja.fi sivuston seinärakenteita ja materiaaleja, jotka ovat nykyisten säädösten mukaisia. Tarkemmat tiedot käytetyistä materiaaleista ja rakenteista on listattuna raportin loppuun.

Vertailu tehtiin sekä rakentamiseen käytettyjen CLT-levyjen nettopinta-alaa että kokonaisia levyjä käyttäen, joissa on mukana ovi- ja ikkuna-aukot.



Kuva 3. Vertailu CLT-levyn (netto), puuverhoillun puurunkoisen sekä tiiliverhoillun puurunkoisen ja tiiliverhoillun harkkorunkoisen talon ulkoseinien hiilijalanjäljen muodostumisesta. Puuverhoiltu puurunkoinen ja CLT-levystä valmistettu ulkoseinä aiheuttavat pienimmät päästöt. Sekä sahatavaran että massiivipuun käyttö rakentamisessa tuottaa vähemmän päästöjä verrattuna muihin materiaaleihin. Erityisesti on kuitenkin huomioitava puumateriaalin toimiminen pitkäaikaisena hiilivarastona.



Kuva 4. Vertailu CLT-rakenteisen talon CLT-levyjen (brutto), puuverhoillun puurunkoisen sekä tiiliverhoillun puurunkoisen ja tiiliverhoillun harkkorunkoisen talon ulkoseinien hiilijalanjäljen muodostumisesta. Laskelmassa on otettu mukaan CLT-levyn ovi- ja ikkuna-aukot ja prosessissa muodostuva puru, joka ei muodosta varastoa.

Laskelma on tehty käyttäen HOISKOn mallitalon piirustuksia ja tietoja materiaalien määristä. Laskelmassa oletetaan, että talossa käytettävät muut materiaalit ja rakenteet kuten ovet, ikkunat, perustukset sekä katto- ja välipohjamateriaalit vastaavat toisiaan, joten niitä ei huomioida laskelmassa. Tässä selvityksessä ei oteta myöskään kantaa käytön aikaiseen hiilijalanjäljen muodostumiseen. Käytön aikainen hiilijalanjäljen muodostuminen riippuu suurelta osin lämmitysjärjestelmästä esim. sähkölämmityksen ja maalämmön ero on todella suuri. Lisäksi nykyään käytetään myös lämmön talteenottoa ja aurinkoenergiaa lisäenergian lähteenä.

Laskennassa käytetyn talon CLT-levyn määrät CLT Finland Oy:n ilmoituksen mukaan:

Seinän pinta-ala 137 m² / 158 m² (netto/brutto)

Seinän tilavuus /CLT 32,85 m³ / 38,15 m³ (netto/brutto)

CLT levy puristettuna 40,45 m³ / 168,54 m² (tilavuus/pinta-ala)

Ovi- ja ikkuna-aukot 5,3, m³ / 22,15 m² jatkojalostukseen

Loput energiaksi, puru

Laskennassa on käytetty seuraavia rakenteita ja materiaaleja:

1. Puuverhoiltu puurunkoinen talo US 1101A (rakentaja.fi/rakenneleikkauspankki)

Ulkoverhouspaneeli: 20x120

Tuuletusrako ja koolaus: 22x100 k 600

Eriste 1: tuulensuoja ja eriste 50 mm, Isover RKL 31 facade + teippi ja kiinnityslevyt

Eriste 2: eriste 150 mm, Isover KL 33

Runko: puu 50x150, k 600

Naulat

Höyrynsuojamuovi + teippi

Sisäverhoilu: kipsilevy Gyproc 13 mm

2. Tiiliverhoiltu puurunkoinen talo US 1201B (rakentaja.fi/rakenneleikkauspankki)

Tiili: KAHI ulkoseinä

Muurauslaasti: M100/600

Eriste 1: tuulensuoja ja eriste 50 mm, Isover RKL 31 facade + teippi ja kiinnityslevyt

Eriste 2: eriste 150 mm, Isover KL 33

Runko: puu 50x150, k 600

Naulat

Höyrynsuojamuovi + teippi

Sisäverhoilu: kipsilevy Gyproc 13 mm

3. Tiiliverhoiltu harkkorunkoinen talo MEUS 4201 (rakentaja.fi/rakenneleikkauspankki)

Tiili: Kahi ulkoseinä

Muurauslaasti: M100/600

Eriste 1: tuulensuoja ja eriste 50 mm, Isover RKL 31 facade + teippi ja kiinnityslevyt

Eriste 2: eriste 150 mm, Isover KL 33

Runko: kevytsorabetoniharkko

Lecalaasti

Johtopäätöksiä

CLT-levy toimii rakennuksessa hiilivarastona, sillä valmistuksen aikana syntyvien päästöjen hiilijalanjälki on huomattavasti pienempi kuin syntyvän varaston vaikutus hiilijalanjälkeen. Puun käsittelyssä syntyvien sivuvirtojen käyttötapa vaikuttaa lopulliseen hiilijalanjälkeen. Kun sivuvirrat saadaan käyttöön rakennusmateriaalina, myös sivuvirtamateriaali toimii hiilivarastona. Mikäli materiaali poltetaan tai se lahoaa vähitellen, varastoa ei synny. Tällöin vapautuvan hiilidioksidin katsotaan kuuluvan normaaliin hiilen kiertoon, jolloin päästöjä ei huomioida laskelmissa. Syntyvän purun määrä, josta ei synny varastoa, on tässä tapauksessa suhteellisen pieni suhteessa käytettyyn kokonaispuumäärään.

Vertailussa todetaan puun käytön ylivertaisuus ulkoseinärakenteessa hiilijalanjäljen muodostumisessa muihin rakenteisiin verrattuna. Puulevyn valmistuksessa syntyvä hiilijalanjälki on selvästi pienempi kuin tiilen tai harkkojen. Suurin vaikutus on kuitenkin sillä, että puu toimii merkittävänä hiilivarastona kaikissa puurakenteissa. Massiivipuun seinämateriaalina muodostaa huomattavasti suuremman hiilivaraston verrattuna puuverhoiltuun ja puurunkoiseen seinärakenteeseen.

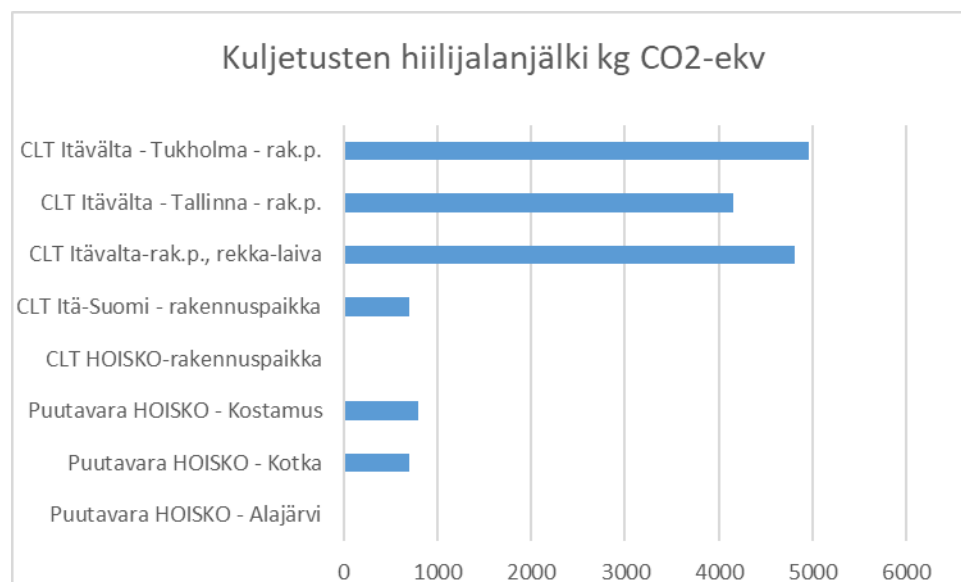
Puu on uusiutuva raaka-aine, joten se ei kuluta maapallon uusiutumattomia raaka-ainevaroja. Puun lisääntyvää käyttöä Suomessa kritisoidaan, mutta rakentamiseen käytetty puu jää hiilivarastoksi eikä vapaudu takaisin ilmakehään. Suomessa hakkuualueet metsitetään välittömästi ja siten ne toimivat edelleen hiilinieluinä ja sitovat tehokkaasti ilmakehän hiilidioksidia.

Raportti

Osa 2

Kuljetusten aiheuttama hiilijalanjälki

Kuljetusten aiheuttama hiilijalanjälki laskettiin käyttäen SYKE:n Y-HIILARI-laskuria. Toimeksiannon mukaisesti laskettiin sekä puumateriaalin että valmiin CLT-levyseinien kuljetuksen aiheuttama hiilijalanjälki. Laskennassa käytettiin käytettävissä laskurissa olevia päästötietoja. Materiaalin määrästä johtuen kuljetukset laskettiin puoliperävaunullisen rekan päästöjen mukaan. Laskennassa ei huomioitu puun kuljetusta metsästä sahalle. Laskenta ei perustu todellisiin kuljetuksiin vaan laskelmassa verrataan eri matkojen vaikutusta hiilijalanjälkeen.



Kuva 5. Puutavaran ja valmiin CLT-levyn kuljetuksen tuottama hiilijalanjälki eri kuljetusmatkoilla. Kuljetusmatkat sahan, HOISKO:n tehtaan ja rakennuspaikan välillä olivat niin lyhyitä ja päästöt pieniä, että palkki ei näy tällä asteikolla. Ulkomailta tuodun levyn kuljetus aiheuttaa selkeästi suuremman hiilijalanjäljen verrattuna kotimaassa tuotettuun levyyn.

Alajärven alueen sisäisestä, laskentataloon käytettävän puutavaran kuljetuksesta aiheutuu 19 kg CO₂-ekv ja CLT-levyn kuljetuksesta 16 kg CO₂-ekv hiilijalanjälki. Määrät ovat niin pieniä verrattuna pidempiin kuljetuksiin Suomessa ja ulkomailla, että ne eivät näy kuvassa 5.

Laskuri käyttää arvoa 0,044 CO₂-ekv (kg/tkm), jossa tuhannen kilon kuljetuksen aiheuttamat päästöt kilometriä kohden puoliperävaunullisella rekalla tuottaa 0,044 kg CO₂-ekv hiilijalanjäljen. Hiilijalanjäljen

suuruuteen vaikuttaa kuljetuksessa käytettävä väline sekä kuljetettavan tavaran määrä, joten tilaajan toivoma hiilijalanjälki/km on laskettava tapauskohtaisesti. Käyttäen 40 t kuormaa ja puoliperävaunullista rekkaa hiilijalanjälki on 1,76 kg CO₂-ekv/km.

Laskennassa käytettyjä tietoja:

Puutavaran kuljetus, km:

Hoisko - Keitele Timber Oy, rekka	11
Hoisko - Etelä-Suomi, Kotka, rekka	399
Hoisko - Karjala, Kostamus, rekka	449

CLT-levyn kuljetus, km:

HOISKO – rakennuspaikka, rekka	9
Itä-Suomi – rakennuspaikka, rekka	393
Itävalta – Tukholma – Vaasa – rak.p., rekka	2818
Itävalta – Tallinna – rak.p., rekka	2365
Itävalta – rakennuspaikka:	
- rekka - Itävalta – Hampuri	1112
- laiva - Hampuri - Kotka	1278
- rekka - Kotka - Alajärvi	402

Kuljetettu määrä: 40 t

Rakennuspaikka: Alajärvi

1. Kuljetusväline: puoliperävaunullinen rekka
2. Kuljetusväline: laiva

Johtopäätöksiä

Kuljetus vaikuttaa selkeästi rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumiseen. Kotimaassa kuljetuksen vaikutus on maltillinen, mutta ulkomailta tuodussa rakennusmateriaalissa vaikutus on selkeä. Keski-Euroopasta tuotu CLT-levy lähes kaksinkertaistaa laskentatalon ulkoseinien rakentamisen hiilijalanjäljen. Toki puuseinä toimii edelleen hiilivarastona, mutta varastovaikutus on pienempi, kun siitä vähennetään kuljetuksen vaikutus.

Kuljetettavan materiaalin tilavuus-massa suhde vaikuttanee kuljetuksen aiheuttamaan kokonaishiilijalanjälkeen. Mikäli kuljetukseen tarvitaan useampi ajoneuvo johtuen kuljetuksen tilavuudesta, hiilijalanjälki kasvaa. Tässä selvityksessä käytettävällä kuljetuksen massaan perustuvalla laskurilla tätä ei kuitenkaan saada todistettua.

Kuljetusmatkat sahan, HOISKO:n tehtaan ja rakennuspaikan välillä olivat lyhyitä ja päästöt pieniä. Niillä on hyvin pieni vaikutus kokonaishiilijalanjäljen muodostumiseen. Päästöjen kannalta tiivis tuotantoketju sahalla tehtaalle ja rakennuspaikalle pienentää hiilijalanjälkeä selkeästi.

Käytettyjä lähteitä:

Ahlberg, Aku (2015): CLT:n käyttömahdollisuudet tilaelementtituotannossa. Savonia Ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö, 44 s.

Bionova (2017): Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Ympäristöministeriön selvitys, 74 s. http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Tiekartta_rakennuksen_elinkaaren_hiilijalanjaljen_huomioimiseksi

Lähteenmäki, Joonas (2017): CLT-elementin soveltaminen pientalon vaipparakenteessa sekä yläpohjassa. Tampereen teknillinen yliopisto, Diplomityö, 73 s.

Sitra 2016: Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. Sitran selvityksiä 117. Sitra 2016. ISBN978-951-563-972-1 (PDF) www.sitra.fi, ISSN 1796-7112 (PDF) www.sitra.fi

Suomen ympäristökeskus (2013): Rakennusmateriaaleilla on väliä. Ympäristö-lehti 3/2013

http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari

http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/Synergia

<https://www.rakentaja.fi/rakenneleikkauspankki/>

<https://www.isover.fi/>

<https://www.e-weber.fi/kahi-tiilet-ja-harkot/tuotteet/kahi-ulkoseinaeratkaisut.html>