

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa - case Suomalais-venäläinen koulu

**Senaatti****A-INSINÖÖRIT****SRV**

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

1. Johdanto

Suomalais-venäläisen koulun uudisrakennushankkeessa on hankkeen alusta lähtien pyritty käyttämään elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmia hyödyksi suunnittelun ohjaamiseen. Tämän raportin tarkoituksena on koota yhteen suunnitteluhankkeen eri vaiheissa tehdyt laskennat: millaisia tuloksia on saatu, kuinka hiilijalanjälkeä on ohjattu hankkeen eri vaiheissa ja mitä ohjauksesta on opittu.

Senaatti-kiinteistöillä on tavoitteena hiilineutraali kiinteistökanta vuoteen 2035 mennessä, ja kehitystyö hankkeiden ohjaamisesta pienempiin ilmastovaikutuksiin on käynnissä. Raportin avulla oppeja on tavoitteena levittää omassa organisaatiossa. Julkaisemalla raportin tuomme samalla yhden korren kehoon hiilineutraalin rakentamisen ymmärryksen ja kiinnostuksen lisäämiseksi koko alalla.

Raportin kokoamiseen ovat osallistuneet Mirkka Rekola ja Timo Juolevi Senaatti-kiinteistöistä, Tytti Bruce-Hyrkäs, Tiina Pekonen ja Emma Väliäho Granlund Consulting Oy:stä, sekä Roope Haimila A-insinöörit rakennuttaminen Oy:stä. Raportissa esitetyt hiilijalanjälkilaskelmat on suunnittelukilpailuvaiheessa tuottanut Bionova Oy ja hankevaiheessa Granlund Consulting Oy.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

2. Hankkeen kuvaus

Helsinkiin 2021 valmistuva Suomalais-venäläinen koulu on toiminut esimerkkikohteena useammassakin hiilijalanjäljen laskentaan liittyvässä pilotoinnissa. Valmistuttuaan koulu on Suomen suurimpia ja moderneimpia puukouluja. Se on myös Suomen ensimmäinen kaikki esi- ja perusopetuksen vuosiluokka-asteet ja lukion kattava, monimuotoinen oppimisympäristö. Koulussa on noin 700 oppilasta ja 85 työntekijää.

Senaatti-kiinteistöt on suunnitellut uutta koulurakennusta vuodesta 2015 alkaen yhdessä koulun opettajien ja oppilaiden kanssa. Suunnittelu on tehty alusta asti tiiviissä yhteistyössä käyttäjien kanssa. Noin 6 400 bruttoneliömetrin laajuinen, kaksikerroksinen koulurakennus rakennetaan ristiinliimatusta massiivipuulevystä (CLT) ja liimapuurakenteista. Puu on merkittävässä osassa myös sisätilojen arkkitehtuurissa.



Koulun ruokailu- ja oleskelualue "keskustori". Kuva: Arkkitehtitoimisto AFKS

Hankkeen osapuolet:

Rakennuttaja

Rakennuttajakonsultti

Arkkitehti- ja pääsuunnittelu

Muut suunnittelijat

Elinkaarikonsultti

Toteuttaja

Puurunkotoimittaja

Puuosatoimittaja

Senaatti-kiinteistöt

A-insinöörit Rakennuttaminen

Arkkitehtitoimisto AFKS

A-insinöörit Suunnittelu, Granlund Lahti, Palotekninen
insinööritoimisto Markku Kauriala

Granlund Consulting

SRV

Kuninkaankylän Puurakentajat Oy

Stora Enso Oyj

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

3. Hankkeen kulku- ja päätöksentekoprosessi

Toiminnallinen konsepti ja tilalliset tavoitteet kohteelle työstettiin yhteistyössä käyttäjien kanssa 2015-2017. Hankesuunnitelmassa 2017 asetettiin rakennuksen tekniset, taloudelliset ja ympäristötavoitteet. Ympäristönäkökohdista hankesuunnitelmaan oli kirjattu, että laitteiden ja materiaalien ympäristöystävällisyyteen ja kierrätettävyyteen tulee kiinnittää huomiota ja rakennuksen maanpäällisen rakentamisen kokonaismenojen arvosta vähintään 10 % tulee olla cleantech -ratkaisuja, esimerkiksi ympäristömyötäisiä materiaalivalintoja sekä materiaali- ja energiatehokkuutta edistäviä ratkaisuja. Rakennuksen tekninen käyttöikätaavoite on 100 vuotta.

Energiatavoite oli asetettu E-luvun muodossa 104 kWh/m²,a (D3/2012 mukaan), joka oli v. 2015 FinZeb-tutkimushankkeessa määritetty tavoitteeksi koulurakennuksille. Aurinkosähköpaneelit olivat tavoitteena teknisesti ja taloudellisesti järkevässä laajuudessa. Tilaohjelman ja hankesuunnitelman perusteella tavoitebudjetiksi asetettiin 27 900 000 €.

Suunnitteluryhmä valittiin hankkeessa suunnittelukilpailun avulla. Kutsukilpailuun osallistui 5 suunnitteluryhmää. Kilpailuehdotuksia arvioitiin kokonaisuutena halutun työ- ja oppimisympäristön toteutumisen näkökulmasta, arkkitehtuurin, kustannusten, elinkaari- ja ympäristönäkökulmien ja terveellisen sisäilmaston näkökulmista. Kaikkien ehdotusten rungon ja vaipan elinkaaren hiilijalanjälki arvioitiin numeerisesti ja tuloksia hyödynnettiin arvioinnissa (Liite 1 luku 1.1). Rakennuttajan kilpailuehdotuksista laatimien kustannusarvioiden mukaan kaikki kilpailuehdotukset ylittivät budjetin.

Kilpailusta valittiin kaksi ehdotusta neuvotteluvaiheeseen, jossa suunnitelmia kehitettiin kustannusten ja käyttäjän toiminnallisten tavoitteiden näkökulmasta. Kustannusarviot sekä hiilijalanjälkiarviot laskettiin sekä puurakenne- että betonirakennevaihtoehdolle. Tässä vaiheessa hiilijalanjäljen ero oli merkittävä, koska kaikkien kantavien rakenteiden (alapohjaa lukuun ottamatta) oletettiin olevan puurakenteisia.

Hanke toteutettiin allianssimallilla, ja palveluntuottaja liittyi hankkeeseen hyvin pian hankkeen suunnitteluvaiheen alettua. Allianssineuvottelujen aikana palveluntuottaja teki kustannusarvioita, joilla varmistettiin yhteinen näkemys kustannustasosta ja -tavoitteesta ja todettiin edelleen, että puurakennus voidaan yhtä hyvin saada aikaan varatussa budjetissa kuin betonirakennuskin. Suunnittelun alkuvaiheessa hankkeelle päätettiin hakea myös RTS-ympäristöluokitusta. RTS-ympäristökriteeristö otettiin Senaatissa käyttöön hankkeiden ohjaamisessa vuonna 2018. Energiatavoite muutettiin A-energialuokkaan.

Puurakennuksen vaatimat rakenne-, palo- ja kosteustekniset ratkaisut ja akustiikka edellyttivät huomattavaa suunnitteluratkaisun kehittämistä ja innovointia yhdessä suunnitteluryhmän ja palveluntuottajan kanssa, jotta teknisesti toimiva ja kustannustehokas kokonaisuus saatiin aikaan. Esim. puurakenteiden kutistumien hallinta teetti hyvin paljon työtä suunnitteluvaiheessa, ja lopulta siihen laadittiin kokonaan uusi ratkaisu, jotta päästiin haluttuun kustannus- ja laatutasoon.

Yleissuunnittelun loppupuolella tehtiin ensimmäinen kaikki materiaalit ja käytön energian kulutuksen huomioiva hiilijalanjälkiarvio (Liite 1 luku 1.3). Lisäksi tässä vaiheessa tehtiin elinkaarikustannuslaskenta. Vaikka puun määrää rungossa jouduttiin teknisistä syistä vähentämään, sen myötä toisaalta lisättiin puuta julkisivuissa, koska puun elinkaaren aikaiset huoltokustannukset osoittautuivat odotettua pienemmiksi.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

Rakentamisvaiheessa (syksyllä 2020) tehtiin vielä hiilijalanjäljen laskenta, jota tarkennettiin toteutunein osin urakoitsijalta kerätyllä tiedolla (Liite 1 luku 1.4). Hiilijalanjälki kasvoi hieman suunnitteluvaiheen arviosta. Suunnitteluvaiheen väliauditointi läpäisi 4 tähden tason ympäristöluokituksessa.



Koulun rakentamista sääsuojassa maaliskuussa 2020.

4. Elinkaaren hiilijalanjäljen hyödyntäminen ja tulokset hankkeessa

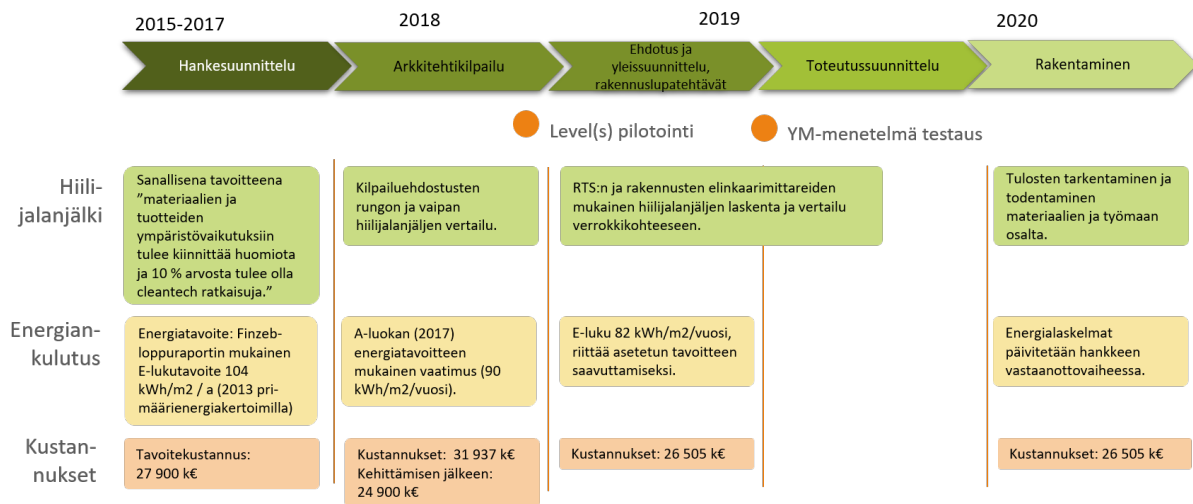
Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkilaskennassa selvitetään koko rakennuksen elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ja lasketaan ne yhteen yhteismitallistettuina hiilidioksidiekvivalenttipäästöinä. Rakennushankkeissa elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmia voidaan hyödyntää päätöksenteon tukena ja eri vaihtoehtojen tai suunnitteluratkaisujen vertailuun. Lisäksi niistä saadaan tietoa, mitkä elinkaaren vaiheet kuormittavat ympäristöä eniten.

Koulun suunnittelun ja toteutuksen aikana elinkaaren hiilijalanjäljen laskentasääntöjä tarkentavia arviointimenetelmiä on kehitetty sekä EU-tasolla (Level(s)) että kansallisesti (Ympäristöministeriön vähähiilisyyden arviointimenetelmä). Hankkeen aikana onkin ehditty tehdä laskelmia eri menetelmillä eri ajankohtina ja hankkeen tavoitteiden ja voimassa olleiden viimeisten suositusten mukaan. Tässä kappaleessa esitetään yhteenveto eri vaiheiden elinkaariarviointien tuloksista yhteismitallistettuna siten, että ne kaikki noudattavat samaa laskentamenetelmää. Vertailuun valittiin Ympäristöministeriön laskentamenetelmä, sillä se vastaa parhaiten tulevia lainsäädäntövaatimuksia. Menetelmän mukaisesti elinkaaren pituudeksi vertailuissa valittiin 100 vuotta, joka vastaa tilaajan vaatimaa teknistä käyttöikää. Eri menetelmien eroja ja käyttöikäoletusten vaikutuksia tuloksiin on esitetty tarkemmin luvussa 5. Hankkeen eri vaiheissa tehdyt laskelmat ja yksityiskohtaiset tulokset on esitetty raportin liitteessä 1

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

Alla olevassa kuvaajassa on esitetty yhteenveto ohjauksesta ja tilanteesta hankkeen eri vaiheissa hiilijalanjäljen, energiankulutuksen ja kustannusten näkökulmasta.

Projektin hiilijalanjälki-ohjaus eri vaiheissa

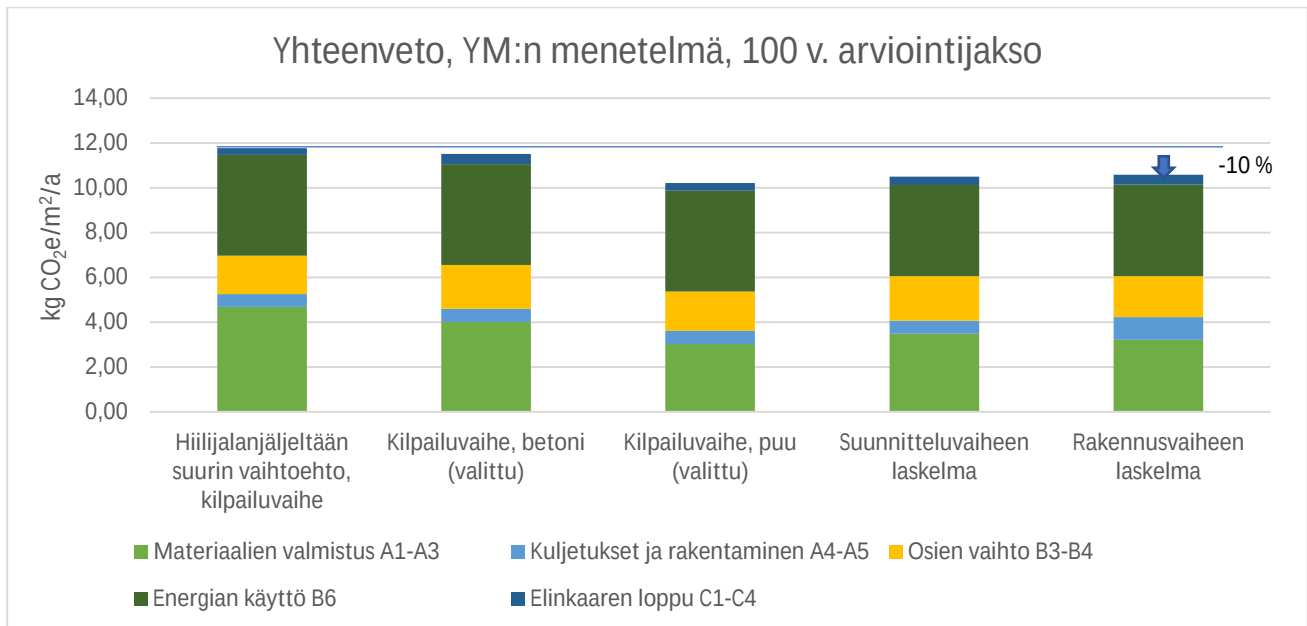


Yhteenveto hankkeen hiilijalanjäljen arviointituloksista Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti 100 vuoden elinkaarelle laskettuna on esitetty seuraavassa kuvassa. Kohteen rakennusvaiheen elinkaaren hiilijalanjälki on 10,6 kgCO₂e/m²/a. Tulos on 10 % pienempi verrattuna lähtötasona käytettyyn kilpailuvaiheen hiilijalanjäljeltään suurimpaan vaihtoehtoon.

Valitulla arviointimenetelmällä käytön energiankulutuksen osuus hankkeen lopullisista päästöistä on 38 % ja rakennusmateriaalien valmistuksen osuus 30 %. Rakentamisen ja kuljetusten, huoltojen ja korjausten sekä elinkaaren lopun osuus päästöistä on noin 31 %. Rakennuksen biopohjaisiin materiaaleihin rakennuksen elinkaaren ajaksi sitoutuva biogeeninen hiilivarasto on -2,3 kg CO₂e/m²/a. Hiilivarastoa ei Ympäristöministeriön menetelmän mukaisesti ole vähennetty hiilijalanjäljestä vaan se on laskettu lisätietona. Suuruudeltaan hiilivarasto vastaa 22 % rakennuksen elinkaaripäästöistä.

Suurimmat erot eri vaiheiden välillä syntyvät rakennusmateriaalien valmistuspäästöistä (A1-A3), jotka vaihtelevat 4,7:sta 3:een kgCO₂e/m²/a eri ratkaisuiden välillä. Erot johtuvat ennen kaikkea erilaisista päämateriaalivaihtoehdoista. Kilpailuvaiheessa pienipäästöisimmiksi havaittiin puurakenteiset vaihtoehdot. Lopullisessa suunnitteluratkaisussa välipohjiin on teknisesti toimivan toteutuksen varmistamiseksi lisätty myös betonia.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



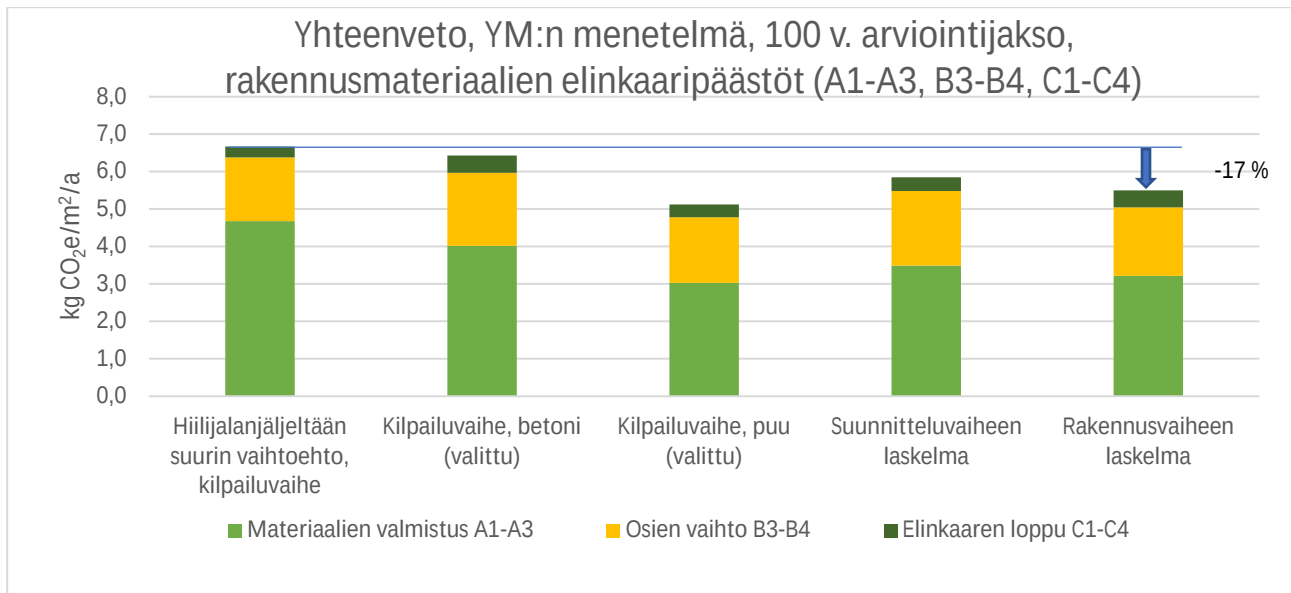
Käytön energiankulutuksen päästöt ovat laskeneet hieman hankkeen aikana 4,5:stä noin 4,1 kgCO₂e/m²/a. Erot päästöissä johtuvat tarkentuneesta E-luvusta, joka suunnitteluvaiheen tavoitteesta tarkentui laskettuun E-lukuun 82 kWh/m²,a.

Toteutusvaiheessa merkittävimmät erot suunnitteluvaiheeseen nähden syntyivät materiaalien valmistuksen päästöistä sekä työmaan päästöistä. Rakennusmateriaalien päästöt tarkennettiin toteutusvaiheessa toimittajien toimitustietojen mukaisilla määrillä sekä päivitetystä suunnitelmista saaduilla tiedoilla. Rakennustuotteiden elinkaaripäästöt osoittautuivat suunnitteluvaihetta pienemmiksi. Tuotteiden elinkaari liittyvien päästöt (A1-A3, B3-B4 ja C1-C4) olivat rakentamisvaiheessa 5 % suunnitteluvaihetta pienemmät.

Työmaan päästöt olivat huomattavasti aiemmissa vaiheissa arvioituja suuremmat. Syy eroon on laskentatekninen; kilpailu- ja suunnitteluvaiheen laskelmissa kuljetuksille ja työmaan päästöille on käytetty YM:n menetelmän keskimääräisiä taulukkoarvoja, kun taas rakennusvaiheessa arvoja on tarkennettu todellisten tietojen mukaan. Voidaankin todeta, että oletusarvoja olisi todennäköisesti hyvä tarkentaa vastaamaan paremmin todellisuutta.

Pelkästään materiaaleihin liittyvien elinkaaripäästöjen tulokset eri vaiheissa on esitetty alla olevassa kuvaajassa. Lopullisen suunnitteluratkaisun materiaalien valmistuspäästöt rakennusvaiheessa ovat 3,2 kgCO₂e/m²/a, jotka ovat 31 % pienemmät kuin verrokkiratkaisuna käytetyn kilpailuvaiheen hiilijalanjäljeltään suurimman kohteen. Mikäli huomioidaan materiaalien koko elinkaaren päästöt ml. valmistus, korjaukset, osien vaihdot ja elinkaaren loppu on ero kilpailuvaiheen hiilijalanjäljeltään suurimman vaihtoehdon ja rakennusvaiheen toteuman välillä on 17 %.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



Saavutettuun lopputulokseen vaikutti ennen kaikkea eri vaihtoehtojen vertailu kilpailuvaiheessa rungon ja vaipan osalta. Kilpailuvaiheen laskelmien avulla saatiin tunnistettua tekijöitä, jotka vaikuttavat hiilijalanjälkeen suunnitteluratkaisuissa, ja nämä tiedot auttoivat valitsemaan jatkoon hiilijalanjäljeltään tehokkaampia ratkaisuja.

Täysin puurunkoista ratkaisua ei pystytty lopulta toteuttamaan sellaisenaan. Tämä näkyy suunnittelu- ja rakennusvaiheen päästöissä, jotka ovat hieman kilpailuvaiheen puurunkoratkaisua suuremmat. Lopulliseen suunnitteluvaiheen ratkaisuun vaikuttivat ennen kaikkea rakenne-, palo- ja kosteustekniset ratkaisut ja akustiikka. Yhdistelmäratkaisussa välipohjiin lisättiin betonia. Lisäksi alapohja muutettiin ryömintätilaiseksi, joka nosti päästöjä suhteessa maanvastaiseen alapohjaan. Toisaalta puun määrää julkisivussa lisättiin, koska se todettiin kustannustehokkaaksi ratkaisuksi elinkaaren aikana.

Suunnitteluvaiheeseen verrattuna päästöt kasvoivat hieman. Tarkentuneet materiaalitiedot pudottivat päästöjä, kun taas esimerkiksi työmaan kulutukset kasvoivat suunnitteluvaiheeseen verrattuna, jossa ne oli laskettu YM:n laskentamenetelmän taulukkoarvoja käyttäen.

RTS-ympäristöluokituksessa rakennuksen hiilijalanjälkeä verrataan annettuun keskimääräiseen vertailutasoon vastaavalle rakennukselle. Hiilijalanjälkivertailutarkastelussa rakennusvaiheen laskelman tulos antaa noin 21% hiilijalanjälkisäästön suhteessa vertailutasoon. (Vertailu tehdään 50 vuoden tarkastelujaksolla.)

4.1 Eri laskentamenetelmien vertailu

Koulun suunnittelu- ja toteutus ovat ajoittuneet vuosille 2017-2020. Tänä aikana elinkaaren hiilijalanjäljen laskentasääntöjä tarkentavia arviointimenetelmiä on kehitetty sekä EU-tasolla (Level(s) että kansallisesti (Ympäristöministeriön vähähiilisyyden arviointimenetelmä). Menetelmissä yhteisenä pohjana on eurooppalainen elinkaarilaskentastandardi EN 15978, mutta ne asettavat tarkentavia sääntöjä arvioinnille. Tässä kappaleessa esitellään eri laskentamenetelmien keskeisimmät erot ja avataan niiden vaikutuksia eri vaiheiden laskentatuloksiin. Eri vaiheiden alkuperäiset laskentatulokset on esitetty liitteessä 1.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

Hankkeen ajoituksesta ja tavoitteista johtuen Suomalais-Venäläisen koulun ohjauksessa hyödynnettiin eri vaiheissa kaikkia yläpuolella kuvattuja menetelmiä. Arkkitehtikilpailuvaiheessa arvioinnit tehtiin ensin EN-standardin pohjalta, jonka jälkeen niitä hyödynnettiin myös Level(s)-menetelmän kansallisessa pilotoinnissa. Myöhemmissä vaiheissa hankkeessa testattiin myös YM:n vähähiilisuuden arviointimenetelmää. Lisäksi hankkeen tavoitteena oli saavuttaa RTS-ympäristöluokitus, joka hyödyntää vanhempaa Green Building Council Finlandin rakennuksen Elinkaarimittarit-ohjetta.

Alla esitetyssä taulukossa on kuvattu eri laskentamenetelmiä, ja seuraavassa kuvassa on esitetty kussakin menetelmässä huomioitavat elinkaaren vaiheet.

GBC Elinkaarimittarit (2013)  - Arviointijakso rakennuttajan vaatima käyttöikä tai 50 v, RTS-sertifioinnin vertailuissa aina 50 v. - GBC Finlandin vuonna 2013 julkaisema ohjeistus rakennusten ympäristösuorituskyvyn mittaamiseen suunnittelu- ja käyttövaiheissa - Mittariston elinkaaren hiilijalanjälki – menetelmää käytetään RTS-ympäristöluokituksen mukaisessa hiilijalanjälkilaskennassa	YM rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä, pilotointiversio 30.8.2019  - Arviointijakso rakennuttajan vaatima käyttöikä tai 50 vuotta - Suomen oloihin kehitetty arviointimenetelmä - Pilotointivaiheessa 8/2019 alkaen - Testausjakson aikana menetelmä on tarkoitettu käytettäväksi uudisrakennusten ja laajamittaisten korjausten hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arviointiin - Testauksen jälkeen menetelmä päivitetään	EU Level(s), luonnosversio 2018  - Arviointijakso 60 v. - EU:n komission laatima menetelmä rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamiseen. - Kussakin mittariluokassa on mahdollista tehdä arviointia kolmella tasolla: Level 1: Yksinkertaistettu arviointi, Level 2: Vertaileva arviointi ja Level 3: Yksityiskohtainen optimointi - Elinkaaren hiilijalanjälki on yksi arvioitavista mittareista
--	--	---

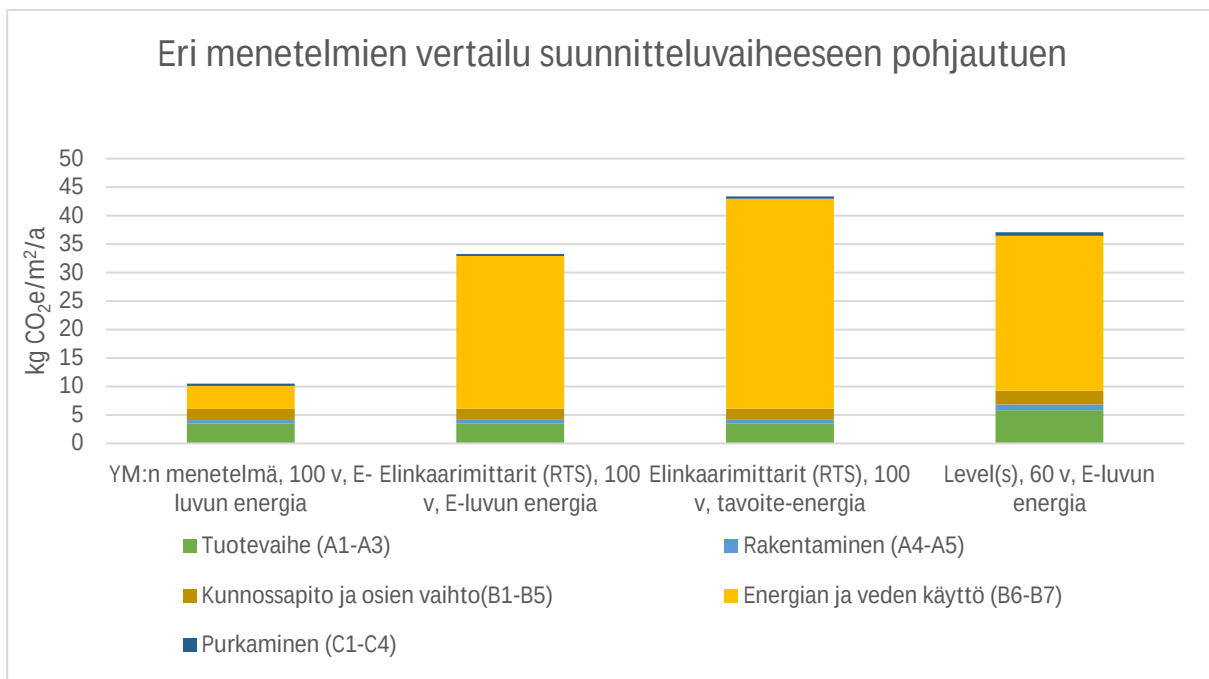
Tuotevaihe (A1-3)	Rakentaminen (A4-5)	Käyttövaihe (B1-7)	Elinkaaren loppu (C1-4)
 A1 Raaka-aineen hankinta A2 Kuljetus valmistukseen A3 Tuotteiden valmistus	 A4 Kuljetukset työmaalle A5 Rakentaminen	 B1 Käyttö B2 Kunnossapito B3 Korjaus B4 Osien vaihto B5 Laajamittaiset korjaukset B6 Energian käyttö B7 Veden käyttö	 C1 Purkutyöt C2 Kuljetukset käsittelyyn C3 Jätteenkäsittely C4 Loppusijoitus
			
A1-A3	A4-A5	B1-B7	C1-C4
A1-A3	A4-A5	B3-B4, B6	C1-C4
A1-A3	A4-A5	B1,B4-B7	C1-C4
			+ D (elinkaaren ulkopuoliset hyödyt ja haitat)

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

Eri laskentamenetelmissä on joitakin eroja esimerkiksi käytettävien lähtötietojen ja päästökertoimien suhteen. Merkittävimmät erot syntyvät käyttövaiheen energian päästölaskennan oletuksista sekä käyttöiästä. Lisäksi menetelmissä on pienempiä eroja esimerkiksi rajauksissa.

- Rakennuksen käyttövaiheen energiankulutus aiheuttaa merkittävän osan koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Käytettävät energiankulutustiedot ja päästökertoimet vaikuttavat tulokseen. YM-menetelmässä ja EU Level(s) -menetelmässä hyödynnetään E-lukulaskelmaa, mutta Elinkaarimittarit ohjeistaa käyttämään mahdollisimman todenmukaista energiankulutusta tavoitekulutuslaskelman perusteella. YM-menetelmässä käytetään päästökerrointa, joka huomioi tulevaisuuden energiantuotannon päästöjen vähenemisen, Elinkaarimittareissa puolestaan käytetään nykyhetken päästökerrointa.
- Laskentajakson pituus Elinkaarimittareissa ja YM-menetelmässä rakennuttajan vaatima käyttöikä tai 50 v, Level(s) -menetelmässä 60 v.
- Kaikissa menetelmissä vaaditaan tarkkojen lähtötietojen kokoamista käytetyistä rakennusmateriaaleista. Laskelmissa joudutaan kuitenkin usein tekemään yksinkertaistuksia, mikäli kaikkia tietoja ei varhaisissa laskentavaiheissa ole saatavilla.
- Level(s) ja YM-menetelmä vaativat kiintokalusteiden huomioimisen, mutta Elinkaarimittarit-ohjeessa kiintokalusteet jätetään huomiotta. Kaikissa menetelmissä huomioidaan talotekniikan päästöt. YM-menetelmässä on tähän tarjolla taulukkoarvoja.

Vertailu eri menetelmillä saatavista tuloksista on esitetty alapuolella koulun hiilijalanjäljen arvioita esimerkkinä käyttäen. YM:n menetelmällä laskettuna tulokset ovat selvästi pienimmät, kun taas Elinkaarimittarit-ohjeella selvästi suurimmat.

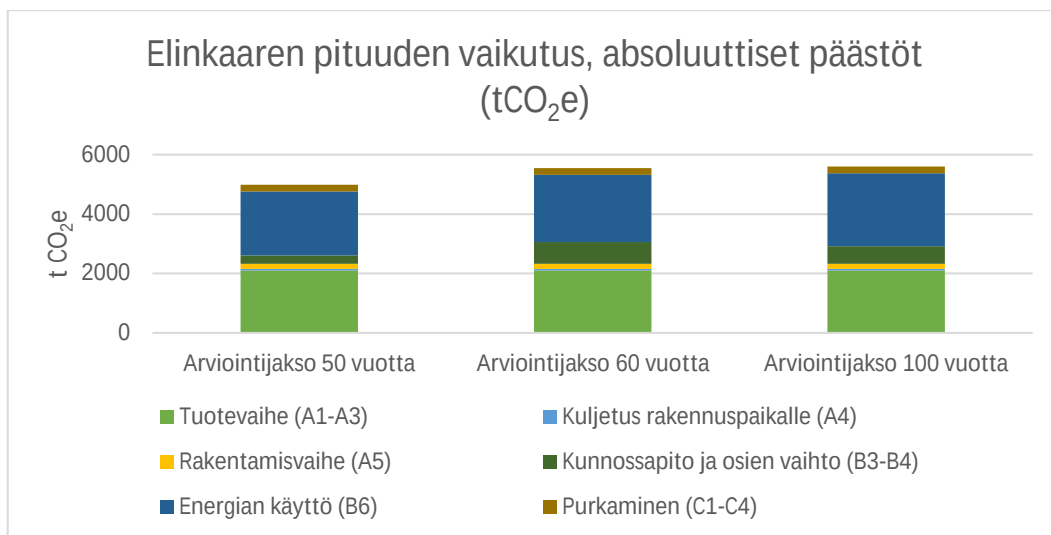


Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

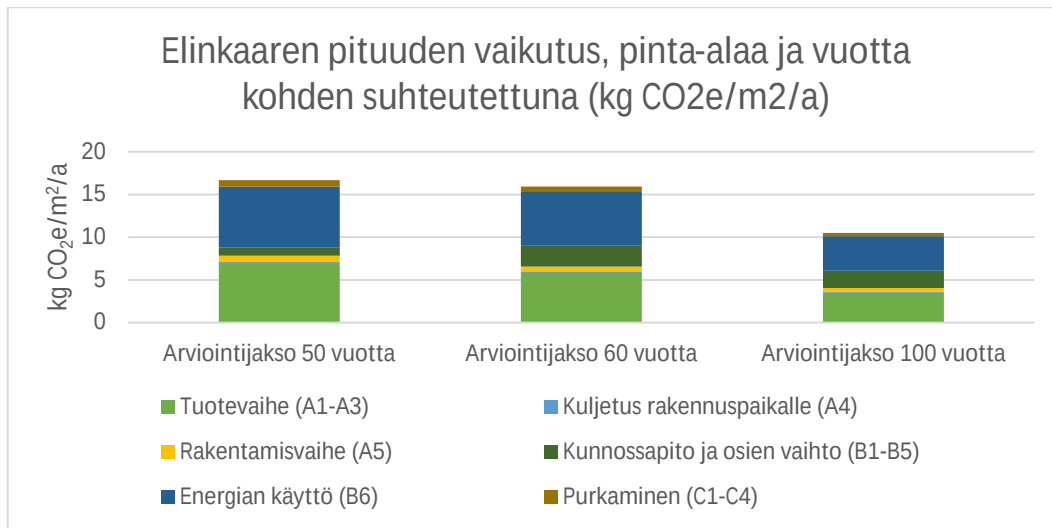
Tuloksiin vaikuttavat ennen kaikkea käytetty energiankulutustieto ja energian päästökerroin. Elinkaarimittarit -ohjeen mukaisesti tulee laskea koko rakennuksen elinkaaren aikaisen energiankulutuksen päästöt nykyhetken päästökertoimilla, jolloin energiankulutuksen osuus koko hiilijalanjäljestä on merkittävä (lähes 80%). Lisäksi ohjeen mukaisesti käytetään tavoite-energian kulutusta, joka on todennukaisempi kulutustieto E-lukuun verrattuna. YM:n menetelmässä energiankulutus on pienempi, sillä se perustuu E-lukuun ja päästökertoimet ovat pienemmät, sillä ne huomioivat tulevaisuuden päästökehityksen.

Level(s) menetelmässä arviointijakso on 60 vuotta, joten käyttövaiheen päästöt kasvavat energiankulutuksen sekä rakennusmateriaalien vaihtotarpeesta johtuen. YM:n Vähähiilisyiden arviointimenetelmässä ja elinkaarimittareissa käytetään rakennuttajan vaatimaa käyttöikää (tai 50 vuotta), joka kasvattaa käytön energiankulutuksen ja osien vaihtojen osuutta koko elinkaaresta. Osien vaihdon osalta lopulliset päästöt 60 vuoden elinkaarella Level(s)-menetelmän mukaan jäävät kuitenkin suuremmiksi käyttövuotta kohden laskettuna, sillä laskennassa usean merkittävän korjauksen on oletettu ajoittuvan 50 ja 60 vuoden välille.

Alla on esitetty myös arviointijakson pituuden vaikutus tuloksiin Ympäristöministeriön vähähiilisyiden arviointimenetelmää käyttäen. Pidemmällä arviointijaksolla käytönaikaisen energian kulutuksen kasvava osuus sekä osien vaihto- ja kunnostustarpeet kasvattavat päästöjä. YM:n päästökertoimet ovat pienemmät pidemmällä arviointijaksolla, sillä tulevaisuuden energiaskenaarioiden mukaan päästöt jatkavat vähenemistään. Mikäli päästöt lasketaan käyttövuotta kohden niin myös rakennusmateriaalien päästöt pienentyvät pidemmällä arviointijaksolla materiaalien valmistuspäästöjen jakautuessa pidemmälle ajalle. Näin ollen rakennuksen elinkaaren absoluuttiset päästötulokset kasvavat arviointijakson pidentyessä, mutta tulokset suhteutettuna pinta-alaa ja vuotta kohden ovat pienemmät arviointijakson pidentyessä.



Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



5. Kustannukset ja hiilijalanjälki

Rakennuttajakonsultin ja allianssikumppanin arvioiden ja kustannusvertailujen mukaan puurakentamisen vaikutus kustannuksiin on ollut noin 2-3% luokkaa (verrattuna betonirakentamiseen). Suunnittelun kustannukset ovat kasvaneet n 1% ja rakentamisen n. 2%. Tämä euromäärä vastaa melko suoraan puurakentamisen vaatiman sääsuojauksen hintaa, mutta asia ei tietysti ole näin suoraviivainen.

Suunnittelun aikana seurattiin RO-arvion kehittymistä ja meneteltiin *target value design* (TVD) -periaattein. Tämä tarkoittaa "optimointia", jossa ei pelkästään pyritä mahdollisimman pieneen hintaan, vaan myös saamaan käytettävissä olevilla resursseilla mahdollisimman paljon arvoa eli laadukasta lopputulosta. Näin ollen on vaikea osoittaa lopullisen hinnan avulla, että puurakentaminen maksoi tietyn summan enemmän tai vähemmän. Paremminkin jokin hintavampi ratkaisu kompensoitiin säästämällä jossain toisaalla.

Hankesuunnitelmassa mainittua cleantech-prosanttia ei ole hankkeen aikana kustannuksista laskettu tai seurattu. Tavoitteen todentaminen on hyvin subjektiivista ja riippuu siitä, mitä halutaan määritellä erityisesti cleantech-hankinnaksi. Jos esim. laaja puun käyttö rakentamisessa luetaan tähän, tavoite täyttyy erinomaisesti. Hankkeessa uskotaan ympäristönäkökulman tulleen huomioiduksi ympäristöluokituksen ja elinkaarilaskelmien avulla. Ympäristöystävällisyyttä/ympäristötavoitteita pitäisikin mieluummin mitata ympäristövaikutuksilla kuin rahankäytöllä.

Hankkeessa arvioitiin myös elinkaarikustannukset RTS-ympäristöluokitusta varten suunnitteluvaiheessa. Luokituksen mukaisesti laskennat tehtiin suunnitteluratkaisulle, jonka ylläpitokustannuksia verrattiin tyypilliseen ratkaisuun. Koko hankkeen elinkaarikustannuksia ei kuitenkaan arvioitu esimerkiksi samanaikaisesti hiilijalanjäljen tai energiavertailujen kanssa.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

6. Johtopäätökset ja opit

Hankkeen tuloksista voidaan todeta, että päästöjen numeerisen arvioinnin aloittaminen varhaisessa hankevaiheessa auttaa merkittävästi pienentämään päästöjä. Tarkastellussa hankkeessa varhaisen vaiheen ohjaus tapahtui ennen kaikkea sen kautta, että rungon ja vaipan päästöjä arvioitiin kilpailuvaiheessa ja neuvotteluvaiheessa tähän myös linkitettiin kustannusohjaus. Tämä auttoi löytämään vähähiilisemmän runkoratkaisun ja johti lopulta 10 % päästöjen pienemiseen koko elinkaaren osalta. Pelkkien rakennusmateriaalien valmistuspäästöjen vaihtoehtoisen ratkaisun ja toteutuneen ratkaisun välillä oli 31 % ja rakennusmateriaalien elinkaari-päästöjen osalta 17 %. Verrattuna RTS-ympäristöluokituksen vertailurakennukseen hankkeen toteutuneet päästöt olivat 21 % pienemmät. Eron vaikutti ennen kaikkea rakennukseen valittu puurunkoratkaisu.

Toisaalta huomataan myös, että varhaisen vaiheessa ei tarkastelu energiankulutukseen liittyviä päästöjä ja näin ollen niiden osalta ei myöskään syntynyt ohjausvaikutusta. Energiankulutuksen osuus hiilijalanjäljestä oli Ympäristöministeriön arviointimenetelmällä n. 37 %, jolloin näiden päästöjen osalta hankkeeseen jäi todennäköisesti käyttämätöntä ohjauspotentiaalia. Olisikin suositeltavaa ohjata koko elinkaaren päästöjä materiaalit ja energia mukaan numeerisesti yhtenä kokonaisuutena jo varhaisessa vaiheessa.

Suunnitteluvaiheessa olisi voitu tehdä vielä useampia vaihtoehtovertailuja myös hiilijalanjäljen näkökulmasta, kun suunnitelmia kehitettiin. Elinkaaren hiilijalanjäljen laskelma mahdollistaa standardoidun mitallistetun vertailun materiaalien välillä ja rakennuksen koko elinkaaren optimoimisen kokonaisuutena, kunhan riittävästi päästötietoja on suunnittelijoiden ja muiden toimijoiden käytettävissä.

Jatkossa tulee pohtia tarkemmin sitä, missä vaiheissa eri analyysijä (kustannus, energia, hiilijalanjälki, jne.) tulee tehdä ja miten ne tulisi rytmittää toisiinsa nähden, jotta päätöksiä pystyttäisiin tekemään mahdollisimman kokonaisvaltaisen tiedon valossa ja välttämään edestakaiselta suunnittelulta (esim. ensin ikkunoita pienennetään yllämpenemisen vuoksi ja kohta suurennetaan luonnonvalon maksimoimisen vuoksi. Seuraavaksi muutetaan niiden materiaalin hiilijalanjäljen vuoksi, tmv). Optimaalisin vaihtoehto olisi toteuttaa vertailut ja ohjaus samanaikaisesti, jolloin kaikissa hankkeen vaiheissa olisi käytettävissä tieto kunkin parametrin kehityksestä ja vertailtavien vaihtoehtojen kokonaisvaikutuksista.

Rakennusvaiheen arvioinnissa havaittiin merkittäviä eroja aiempien vaiheiden tuloksiin erityisesti kuljetusten ja työmaan vaikutusten osalta ja myös materiaalien valmistukseen liittyvät tulokset tarkentuivat. Toisaalta havaittiin, että tarkkoja tietoja rakennusvaiheessa asennetuista tuotteista ei ollut suoraan saatavissa vaan niitä jouduttiin pyytämään erikseen eri toimittajilta. Päästöjen todentamisen kannalta tulevaisuudessa olisikin hyvä kiinnittää huomiota dokumentaatiovaatimuksiin rakennusvaiheessa. Paremmalla dokumentaatiolla olisi potentiaalia vaikuttaa myös tuleviin huoltoihin sekä esimerkiksi materiaalien kierrätyspotentiaalin arviointiin huoltojen yhteydessä.

Hankkeen kokonaisuutta ajatellen eri vaiheiden hiilijalanjälkitulosten ja osaltaan myös energiatulosten vertailua hankaloittivat eri laskentamenetelmien väliset erot. Olisikin hyvä saada yhdenmukaistettua eri laskentamenetelmät, jolloin tuloksia läpi hankkeen tai toisaalta hankkeesta toiseen pystyttäisiin vertaamaan helposti.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

Rakennuttajakonsultin ja allianssikumppanin arvioiden ja kustannusvertailujen mukaan puurakentamisen vaikutus kustannuksiin on ollut noin 2-3% luokkaa (verrattuna betonirakentamiseen). Kustannusten kasvua voidaan pitää maltillisena suhteessa saavutettuun päästöhyötyyn. Muutaman prosentin kustannuslisällä saavutettiin 10 % säästöt.



Työmaalla joulukuussa 2019. Kuva: Timo Juolevi

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

Liite 1. Eri vaiheissa suoritettujen laskentojen tulokset

Liitteessä on esitetty hankkeen eri vaiheissa toteutetut hiilijalanjälkilaskennat kuten ne on toteutettu hankkeen aikana, niiden rajaukset, tulokset sekä tehdyt päätökset. Lisäksi esitellään kunkin vaiheen tavoitteet, sekä tehtyjen kustannus- ja energialaskelmien kehitys.

1.1 Suunnittelukilpailu (kevät 2018)

Hiilijalanjälkeen liittyvät tavoitteet: Hankesuunnitteluvaiheessa ei vielä tehty energia- tai hiilijalanjälkilaskelmia. Tavoitteena oli hankkeessa painottaa kustannustehokkuutta, ympäristövastuullisuutta ja kestäviä materiaalivalintoja. Näiden tavoitteiden edistämiseksi kilpailussa päädyttiin selvittämään eri ryhmien toteuttamien vaihtoehtojen hiilijalanjäljet. Vaihtoehtoista arvioitiin myös kustannukset. Erillistä pisteytystapaa tai painotusta eri kategorioille ei ollut, vaan kilpailuehdotuksia tarkasteltiin kokonaisuutena.

Tehtyjen arviointien kuvaus: Hankkeessa laadittiin suunnittelukilpailuvaiheessa toukokuussa 2018 ensimmäiset hiilijalanjälkilaskelmat, joiden avulla vertailtiin kilpailuratkaisujen rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia. Arviointi rajattiin koskemaan rakennusmateriaalien elinkaarta päämateriaalien osalta. Kilpailuvaiheessa ei laadittu energialaskelmia, vaan hankesuunnitteluvaiheessa oli asetettu energiatavoite, jolloin kilpailuvaiheen energiaohjauksen katsottiin tulevan sen kautta.

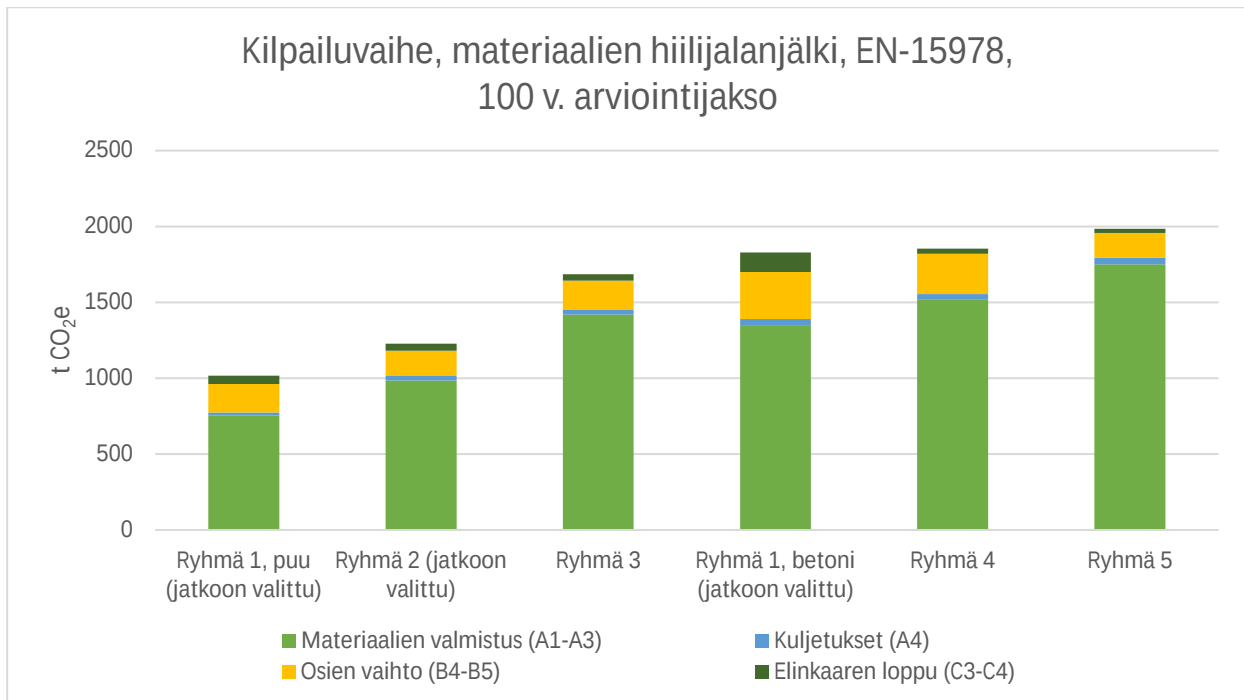
Arviointimenetelmän kuvaus:

- Laskentamenetelmänä oli EN 15978-standardin mukainen laskelma. Laskentajakson pituus oli 100 vuotta
- Lähtötietoina käytettiin kilpailuryhmien toimittamia alustavia rakennetyyppejä sekä piirustuksia, joista Senaatti arvioi eri rakenteiden pinta-alat.
- Huomioitiin merkittävimmät rakennusmateriaalit alustavien suunnitelmien pohjalta: perustukset, runko (pl. kantavat sisäseinät), välipohjat, ulkoseinät sekä ikkunat.
- Laskennassa ei huomioitu väliseiniä, ovia, sisäpintojen päällysteitä, talotekniikkaa ja varusteita, ulkoalueita ja liikuntahallia eikä työmaatoimintoja. Rakennuksen käytönaikaista energiankulutusta ei huomioitu.

Tulokset: Arvioinnin tuloksena hanke sai tietoa eri runkomateriaali- ja geometriavaihtoehtojen ilmastovaikutuksista ja pystyi huomioimaan vaikutukset osana kilpailun arviointia.

Eri ryhmien suunnitelmien tulokset on esitetty alla olevassa kuvaajassa. Laskentarajauksen vuoksi tulokset eivät kuvaa koko rakennuksen hiilijalanjälkeä, mutta auttoivat tarkastelemaan kunkin suunnitteluvaihtoehdon ympäristövaikutuksia erityisesti päästöihin merkittävimmin vaikuttavien runkoratkaisujen elinkaari päästöjen osalta.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

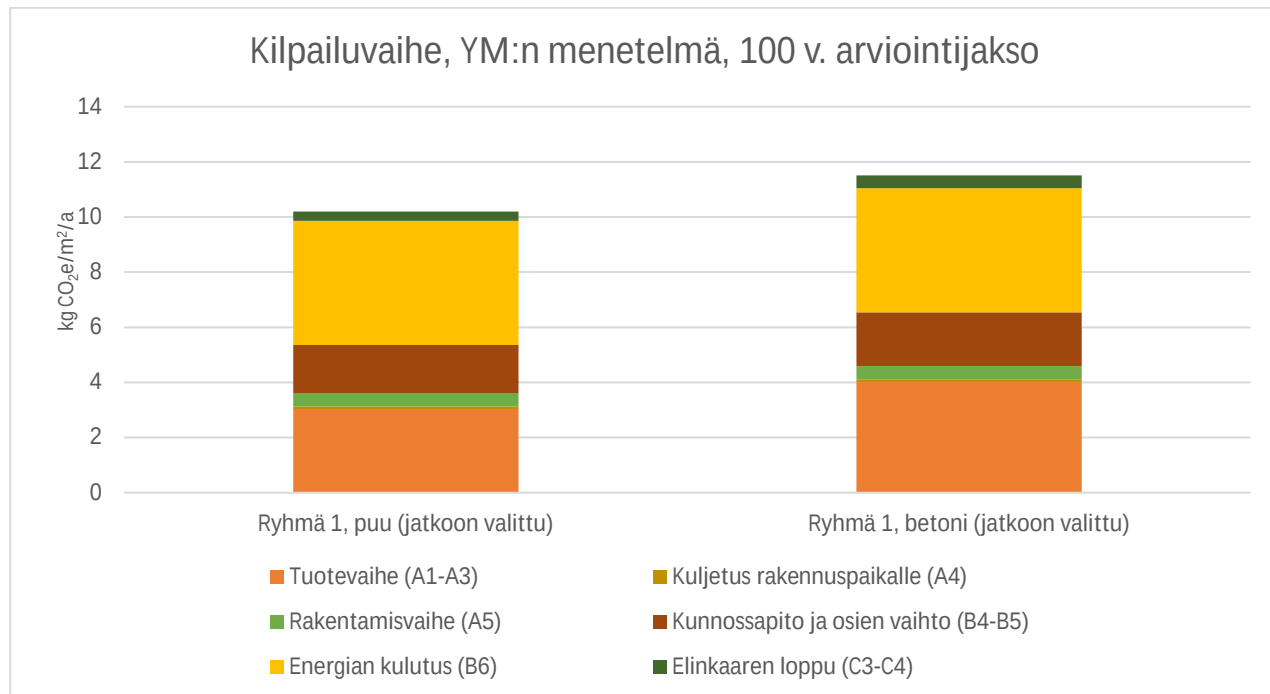


Kilpailukohteiden ratkaisut erosivat huomattavasti toisistaan sekä materiaalivalintojen että geometrian suhteen. Erot eri ryhmien esittämien runkoratkaisujen elinkaari päästöissä olivat huomattavat; ero pienimmän ja suurimman hiilijalanjäljen välillä oli lähes kaksinkertainen. Erot johtuivat ennen kaikkea päärunko- ja -julkisivumateriaalien valmistuspäästöistä. Puurunkoisten vaihtoehtojen päästöt olivat merkittävästi pienemmät muihin runkovohtoehtoihin verrattuna. Myös alapohjarakenteella todettiin olevan suuri merkitys päästöihin; maanvastainen laatta on päästöiltään huomattavasti pienempi kuin anturaperustus ja ontelolaatta, tästä aiheutuu mm. ero Ryhmä 1, betoni- ja Ryhmä 6 -vaihtoehtojen välillä, sen lisäksi, että eroa aiheuttaa Ryhmä 6:n -vaihtoehdossa oli käytetty päästöintensivisempiä teräspalkkeja. Myös ikkuna pinta-alan vaihtelu eri vaihtoehtojen välillä toi hajontaa päästöihin mm. sen kautta, että suurempi ikkunapinta-ala lisäsi rakenteiden vaihtotarvetta.

Kilpailun voittajiksi valittiin kaksi kohdetta, Ryhmä 1 sekä Ryhmä 2, joiden suunnitteluratkaisua tilaaja halusi lähteä kehittämään lopullisen valinnan tekemiseksi. Nämä olivat myös elinkaari päästövertailun pienipäästöisimmät ratkaisut. Pienet päästöt johtuivat ennen kaikkea runkomateriaaliratkaisusta, joka oli molemmissa kohteissa puu. Suunnitteluratkaisua ja kustannuksia kehitettiin työpajoissa, joissa keskityttiin kustannusten optimoimiseen sekä käyttäjän toiveisiin vastaamiseen. Näistä Ryhmä 1, joka tarjosi puu- ja betonivaihtoehtot, vastasi parhaiten käyttäjän toiveisiin sekä kustannuksiin.

Alla on esitetty jatsoon valittujen Ryhmä 1 puu, sekä Ryhmä 1 betoni -suunnitteluratkaisujen hiilijalanjälki Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti siten, että kilpailuvaiheen laskelmaa on täydennetty myöhempien vaiheiden tiedoilla käyttövaiheen energian sekä puuttuneiden rakennusmateriaalien ja työmaatoiminnan osalta. Betoniratkaisun osalta suuremmat osien vaihdon päästöt aiheutuvat käännetyistä viherkattoratkaisusta, jossa SPU-eristeet joudutaan vaihtamaan elinkaaren aikana. Energiankulutus on täydennetty suunnitteluvaiheessa tavoitteeksi asetetun A-energialuokkatavoitteen (E-luku 90 kWh/m²/a) mukaisilla kulutuksilla. Elinkaaren pituudeksi on oletettu 100 vuotta.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



1.2 EU Level(s) -pilotointi (2018)

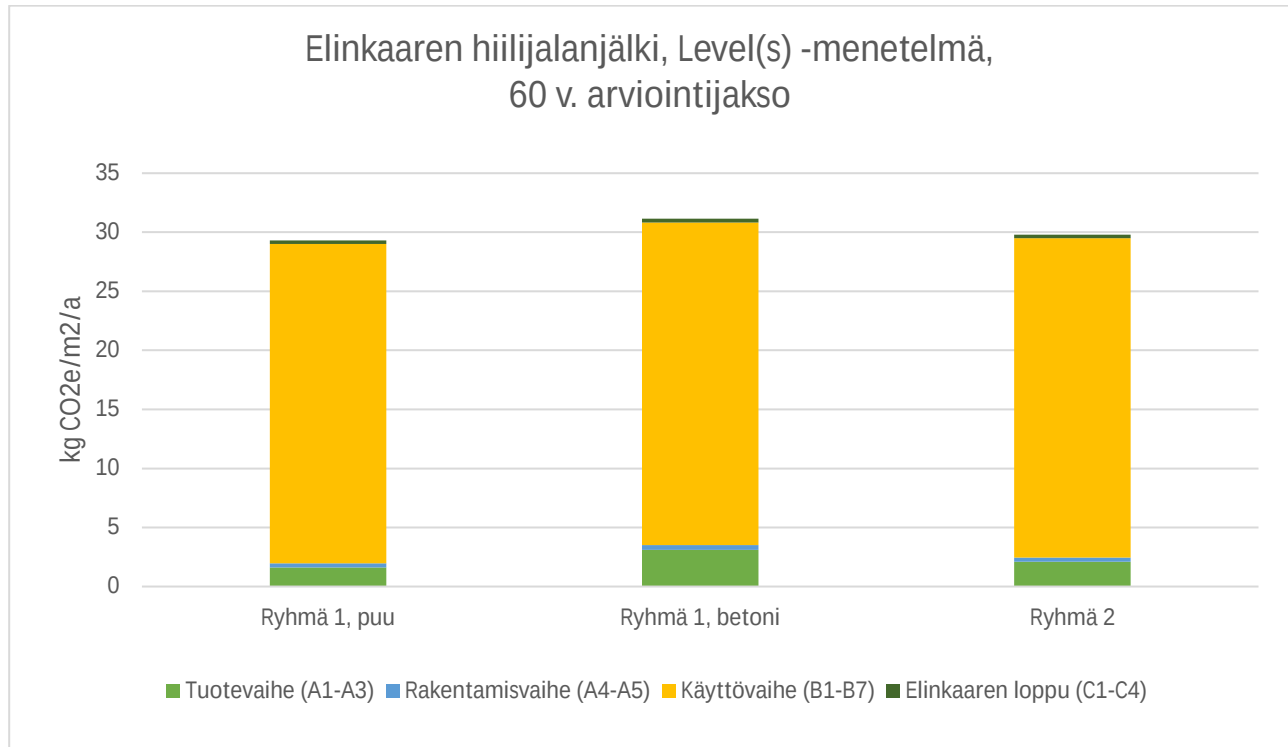
Hiilijalanjälkeen liittyvät tavoitteet: Suomalais-venäläinen koulu osallistui pilottikohteena Ympäristöministeriön järjestämään EU Level(s) -menetelmän (Euroopan komission ehdotus rakennusten kestävyuden yhtenäiseksi raportointikehykseksi) testaukseen 2018-2019. EU Level(s) -pilotoinnin tarkoituksena oli testata laskentamenetelmää ja antaa siitä palautetta jatkokehityksen tueksi. Lisäksi hanke sai näkyvyyttä ja täydennetyt laskelmat antoivat tietoa eri vaihtoehtojen hiilijalanjäljen tarkasteluun ja lopullisen suunnitteluratkaisun valintaan.

Tehtyjen arviointien kuvaus:

- Laskentamenetelmänä oli EU Level(s) -ohje
- Laskentajakson pituus oli 60 vuotta
- Kilpailuvaiheen laskelmia täydennettiin hankkeen E-lukulaskennan energiatiedoilla.
- Laskennassa ei huomioitu talotekniikkaa, teknisiä ja tietoliikennejärjestelmiä, portaita ja ramppeja, hissejä, piha-alueen päällysteitä, aitoja, kaiteita ja väliseiniä.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

Tulokset:



1.3 Suunnitteluvaihe (2018-2020)

Hiilijalanjälkeen liittyvät tavoitteet: Suunnitteluvaiheen alussa alkuvuodesta 2019 hankkeen ympäristötavoitteeksi asetettiin RTS-ympäristöluokituksen neljän tähden luokitusasteen tavoittelu. Ympäristöluokitukseen sisältyi myös hiilijalanjälkilaskelman laatiminen ja rakennuksen hiilijalanjäljen vertailu RTS:n määrittelemään keskimääräiseen vertailuratkaisuun.

Tehtyjen arviointien kuvaus:

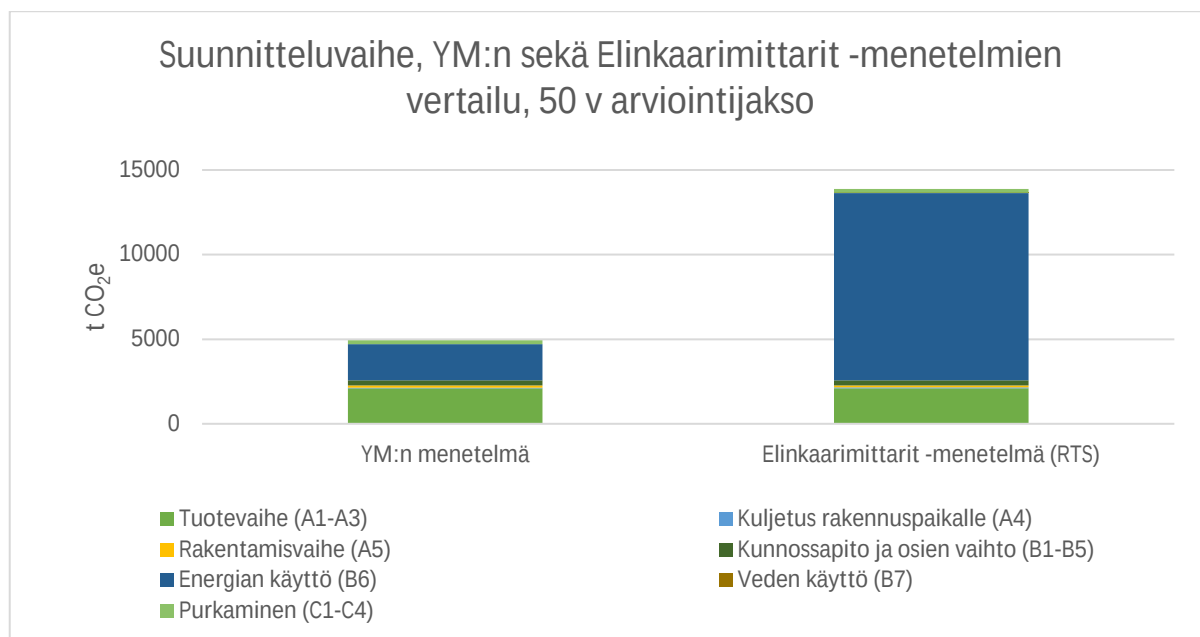
- Laskentamenetelmänä käytettiin FIGBC:n Elinkaarimittarit laskentaohjetta RTS-Ympäristöluokituksen vaatimusten mukaisesti
- Laskentajakson pituus RTS-Ympäristöluokituksen vertailuvaatimusten mukaisesti 50 vuoden standardikäyttöikä.
- Elinkaarimittarit ohjeessa tulee käyttää nykyhetken energian päästökertoimia. Lisäksi tehtiin vertailu 50 ja 60 v laskentajaksoilla sekä Ympäristöministeriön laskentaohjeen mukaisilla energian päästökertoimilla, jotka huomioivat tulevaisuuden energiantuotannon päästöjen vähenemisen.
- Lähtötietoina käytettiin tietomallia sekä LVI-, rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmia. Talotekniikan merkittävimmät materiaalit huomioitiin suunnitelmien mukaisesti, mutta sähkötekniikalle käytettiin laskentaohjelman oletusarvoja.
- Laskennassa huomioitiin vaaditut rakennusmateriaalit sekä tavoite-energiankulutus Elinkaarimittarit-ohjeen mukaisesti. Tavoitekulutuksessa on huomioitu, että osa sähkönkulutuksesta katetaan omalla

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa -case Suomalais-venäläinen koulu

aurinkoenergiantuotannolla, joka auttaa vähentämään sähkönkulutuksen päästöjä. Kuluttajalaitteet on jätetty huomiotta Elinkaarimittarit-ohjeen mukaisesti.

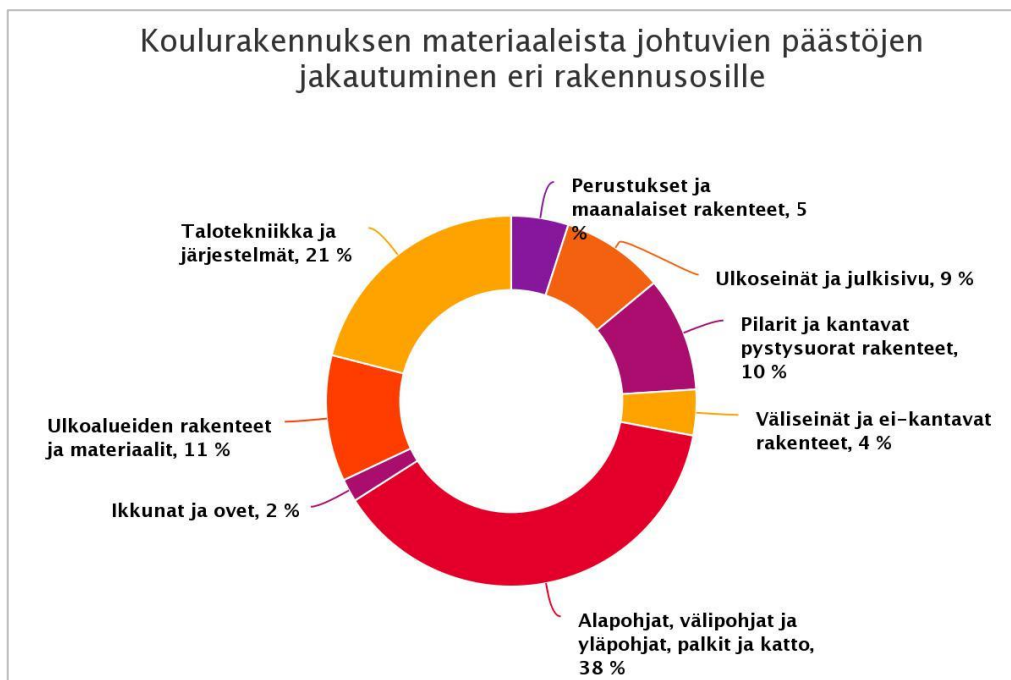
- Työmaan ympäristövaikutuksille ja materiaalien vaihtoväleille käytettiin laskentaohjelman oletusarvoja.

Tulokset: Alla on esitetty suunnitteluvaiheen tulokset YM:n menetelmän mukaisesti (vertailukelpoinen muihin vaiheisiin) sekä RTS-Ympäristöluokituksen menetelmän vaatiman Elinkaarimittarit ohjeen mukaisesti. Tulokset on esitetty 50 vuoden arviointijaksolla, kuten ne suunnitteluvaiheessa laskettiin.



Laskennan tuloksia hyödynnettiin RTS-ympäristöluokituksen todistusaineistona. Laskelma laadittiin valitulla suunnitteluratkaisulla, kun materiaalivalinnat, runkoratkaisu ja energiajärjestelmät oli pitkälti jo löyty lukkoon. Laskentatuloksia hyödynnettiin myös sen analysointiin, mitkä elinkaaren vaiheet ja mitkä rakenneosat ovat päästöintensivisimpiä (kuva alla).

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



Suunnitteluvaiheen aikana laadittiin myös energialaskelmia ja elinkaarikustannuslaskelmia, joiden tulokset on esitetty taulukossa alla.

Energiankulutus	Elinkaarikustannus
- Alustavat e-luvut 5.12.2018 - Puurungolla 80 kWhE/m²,a - betonirungolla 79 kWhE/m²,a - Rakennusluvan e-luku 22.2.2019 - e-luku 82 kWhE/m²,a - Toteutussuunnitteluvaiheen energiaraportti, versio 2.10.2019: - sähkön ostoenergia ilman kuluttajasähköä on 316,3 MWh/a (mukana ei ole käyttäjälaitteet 307,4 MWh/a, mutta käyttäjävalaistus on) - kaukolämmön ostoenergia 602,8 MWh/a. - E-luku 81 kWhE/m²,a	- Elinkaarikustannuslaskelma 3.7.2019: - rakentamiskustannukset 30 844 000 € - elinkaarikustannus 46 417 000 € - Elinkaarikustannuslaskelma 17.12.2019 - päivitetty 27.5.2020: rakentamiskustannukset 26 628 000 €, elinkaarikustannus 42 921 500 €. - Elinkaarikustannusten muutos yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheessa tehtyjen laskelmien välillä tuli lähtötietojen tarkentumisen myötä.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu

1.4 Rakentamisvaihe (2020)

Hiilijalanjälkeen liittyvät tavoitteet: Rakentamisvaiheessa tavoitteena oli selvittää, mikä on kohteen hiilijalanjälki suunnitteluun verrattuna, kun aiemmin laaditut laskelmat päivitettiin vastaamaan lopullista suunnitelmaa ja hankittuja tuotteita.

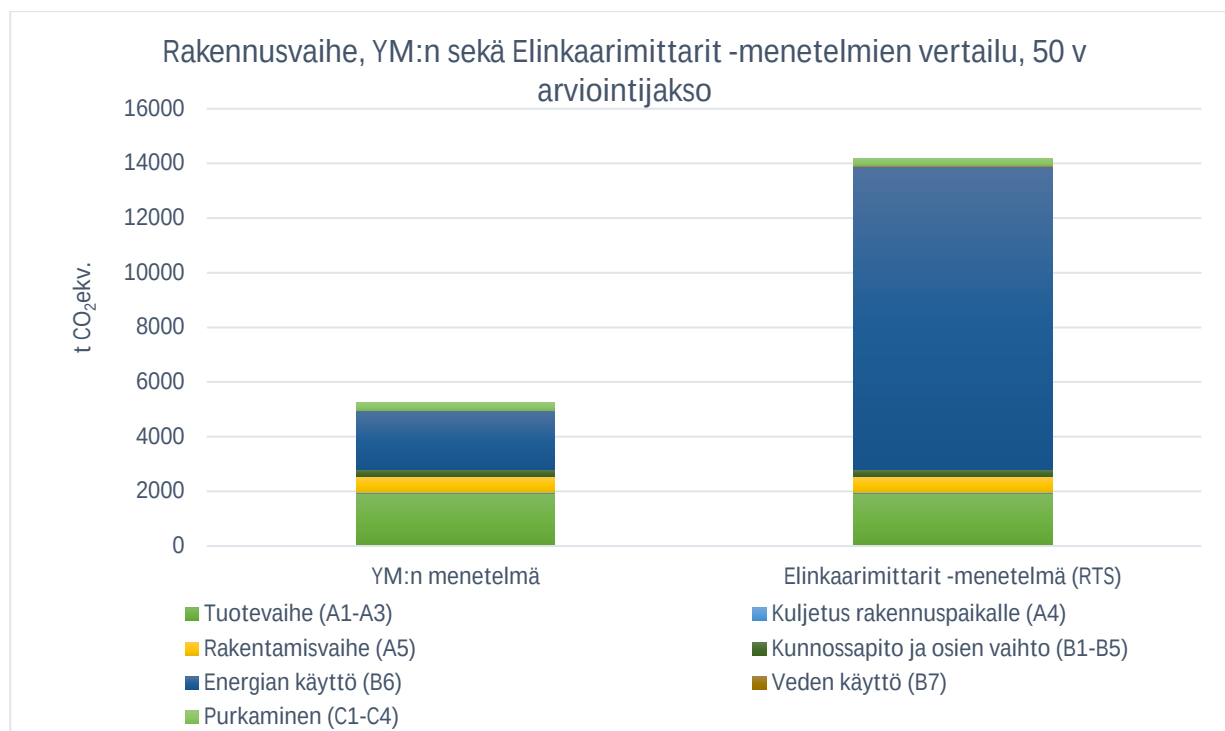
Tehtyjen arviointien kuvaus:

Laskentamenetelmänä käytettiin FIGBC:n Elinkaarimittarit laskentaohjetta

- Laskentajakson pituus RTS-Ympäristöluokituksen vertailuvaatimusten mukaisesti 50 vuoden standardikäyttöikä.
- Elinkaarimittarit ohjeessa tulee käyttää nykyhetken energian päästökertoimia. Lisäksi tehtiin Ympäristöministeriön laskentaohjeen mukaisilla energian päästökertoimilla, jotka huomioivat tulevaisuuden energiantuotannon päästöjen vähenemisen.
- Lähtötietoina käytettiin toteutettavaa rakennusta vastaavaa tietomallia, LVI-, rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmia sekä ajantasaisia tietoja hankituista rakennusmateriaaleista. Talotekniikan merkittävimmät materiaalit huomioitiin suunnitelmien mukaisesti määrälistausten avulla, sekä sähkökaapeloinnit toimitettujen määrätietojen mukaan. Merkittävimmistä runkomateriaaleista (valmisbetonit, betonielementit, CLT, LVL sekä liimapuu) käytettiin toteutuneita määrätietoja sekä kuljetusetäisyyksiä toimittajien seurantatietojen mukaan.
- Laskennassa huomioitiin vaaditut rakennusmateriaalit sekä tavoite-energiankulutus Elinkaarimittarit- ohjeen mukaisesti.
- Tavoitekulutuksessa on huomioitu, että osa sähkönkulutuksesta katetaan omalla aurinkoenergiantuotannolla, joka auttaa vähentämään sähkönkulutuksen päästöjä. Kuluttajalaitteet on jätetty huomiotta Elinkaarimittarit-ohjeen mukaisesti.
- Työmaan ympäristövaikutuksille käytettiin todellisia tietoja energiankulutuksesta ja jätteistä. Tähän mennessä kerättyjen tietojen pohjalta arvioitiin keskimääräiset tiedot koko työmaan ajalle.

Tulokset: Alla olevassa kuvaajassa rakennusvaiheen tulokset on esitetty YM:n menetelmän mukaan, jolloin energian kulutuksen hiilijalanjälki, sekä tämän myötä kokonaishiilijalanjälki ovat pienemmät kuin RTS:n vaatiman Elinkaarimittarit -ohjeen mukaan.

Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa
-case Suomalais-venäläinen koulu



Laskelman avulla saatiin tietoa toteutuneista päästöistä ja siitä, miten päästöt ovat kehittyneet hankkeen aikana. Laskentarajaus oli sama kuin suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheeseen verrattuna päästöt kasvoivat hieman. Tarkentuneet materiaalitiedot pudottivat päästöjä, kun taas esimerkiksi työmaan kulutukset kasvoivat suunnitteluvaiheeseen verrattuna, jossa ne oli laskettu laskentaohjelman YM:n taulukkoarvoja käyttäen. RTS-ympäristöluokituksen hiilijalanjälkivertailutarkastelussa rakennusvaiheen laskelman tulos antaa noin 21% hiilijalanjälkisäästön suhteessa RTS:n vertailutapaukseen 50 vuoden tarkastelujaksolla.