



Energiaviisaat
KAUPUNGIT



Elinkaarilaskenta osana palvelutilaverkkotarkasteluja **Yleiskuvaus**

SITOWISE **BIONOVA**

Päiväys 02/07/2020

Tekijät Eero Puurunen (Sitowise) ja Panu Pasanen (Bionova)



6Aika

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



OULU



Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Menetelmän tavoitteet.....	2
1.2	Käsitteet	3
1.3	Lyhenteet	3
2	Palvelutilaverkkoselvitykset osana tilahankeprosessia	4
2.1	Palvelutilaverkkoselvitys	4
2.2	Palvelutilaverkon esiselvitys	5
3	Rakennuksen elinkaari ja vaikutusten huomioiminen oikea-aikaisesti.....	6
3.1	Hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät.....	6
4	Elinkaarilaskentamenetelmä	8
4.1	Skenaariot	10
4.1.1	Runkomateriaali	10
4.1.2	Perustamisolosuhteet	10
4.2	Lähtötietojen kokoaminen.....	10
4.3	Laskelmat	10
4.4	Laskelmien koostaminen	10
4.5	Raportointi	10
4.5.1	Hiilijalanjäljen raportointi	11
4.5.2	Kustannusten raportointi.....	11
5	Oleellisia laskelmien lähtökohtia.....	12
5.1	Huomioitavat tilavaihtoehdot.....	12
5.2	Hanketyypit	12
5.3	Arviointijakso	12
5.3.1	Useammasta hankkeesta koostuva palvelu.....	12
5.4	Hiilijalanjälkilaskelmien päästökertoimet.....	12
5.5	Kustannusten diskonttaus.....	13



1 Johdanto

6Aika Energiaviisaat kaupungit -hankkeen kaupungeilla (Espoo, Helsinki, Tampere, Turku, Oulu, Vantaa) on kunnianhimoiset tavoitteet vähentää CO₂-päästöjä sekä pyrkiä kohti hiili-neutraaliutta. Jotta kaupungit voivat saavuttaa ilmastotavoitteensa, myös rakentamisen CO₂-päästöjä on saatava alas. Kaupunkien yhtenä tavoitteena on kehittää rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten laskentaa, jotta eri vaihtoehtoja voidaan paremmin vertailla suunnittelun eri vaiheissa ja ohjata rakentamista vähäpäästöiseen suuntaan kustannustehokkaasti.

Tässä projektissa tuotettiin menetelmä, jonka avulla voidaan tuottaa hiilijalanjäljen ja kustannusten elinkaaritarkasteluja osana palvelutilaverkkotarkasteluja. Projektissa tuotettiin kolme raporttia, jotka on esitetty alla olevassa kuvassa. Tämän ”Yleiskuvaus”-dokumentin avulla on helppoa tutustua tuotetun menetelmän pääpiirteisiin. ”Menetelmä ja ohje laskijalle”-dokumentti on menetelmän yksityiskohtainen kuvaus, joka on tarkoitettu elinkaarilaskelmien toteuttajan käyttöön. ”Menetelmän koekäyttö” -dokumenttiin on kerätty tulokset projektin aikana tehdystä koeluontoisesta laskelmasta, sekä menetelmän koekäytön aikana syntyneitä havaintoja.



Kuva 1 – Tämä raportti osana projektin raporttikokonaisuutta. Kehitetty menetelmä nojaa Ympäristöministeriön vähähiilisyyden arviointimenetelmään

Tässä dokumentissa menetelmä on pyritty kuvaamaan mahdollisimman ytimekkäästi, jotta palvelutilaverkkotarkasteluihin osallistuvien eri osapuolien on helppoa tutustua elinkaarilaskelmien tuottamiseen osana palvelutilaverkkotarkasteluja.

Menetelmän ovat tuottaneet Helsingin kaupungin tilauksesta Sitowise Oy ja Bionova Oy. Tiilaajan edustajana toimivat Anni Tyni ja Annukka Eriksson. Lisäksi työtä ohjasi laaja joukko muita Helsingin kaupungin asiantuntijoita. Projekti oli osa 6Aika Energiaviisaat kaupungit (EKAT) -hanketta.

1.1 Menetelmän tavoitteet

Menetelmän kehityksessä on huomioitu erityisesti seuraavat kolme tavoitetta:

1. Luotettavuus

Menetelmä on luotu pohjaten yleisesti hyväksytyihin standardeihin ja ohjeisiin. OneClick LCA -ohjelma, jolla laskelmat tuotetaan, päivittyy jatkuvasti, mikä edesauttaa tulosten ajantasaisuutta. Oletusarvot on esitetty avoimesti, jotta näiden ajoittainen tarkistaminen on mahdollisimman helppoa.

2. Vertailtavuus

Yleisesti hyväksytyihin standardeihin ja ohjeisiin tukeutuminen edesauttaa tulosten vertaamista muista lähteistä saatuihin tuloksiin.

3. Helppous

Palvelutilaverkkotarkastelut voivat sisältää suuren joukon hankkeita. Laskentamenetelmän tulee olla riittävän nopea, jotta vaihtoehtoja voidaan vertailla mielekkäällä työmäärällä.

1.2 Käsitteet

Arviointijakso	Ajanjakso, jolle elinkaarilaskenta tehdään. Rakennuksen käyttöikä voi olla pidempi, kuin elinkaariarvioinnin ajanjakso.
CO_{2e}	Hiilidioksidiekvivalentti eli eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus muunnettuna hiilidioksidin vaikutusta vastaavalle tasolle.
Elinkaarikustannus	Rakennuksen tai tuotteen koko elinkaaren aikana syntyvät kustannukset. Elinkaarikustannusten laskentamenetelmä on Eurooppalainen Standardi EN 16627.
Elinkaaren vaihe	Standardin EN 15643–2 mukainen rakennuksen elinkaaren vaihe.
Hanke	Palvelutilaverkkotarkastelujen yhteydessä hankkeella tarkoitetaan tilaratkaisua, jolla tietyn palvelun tilatarve katetaan tietynä ajanjaksona. Hanke voi sisältää rakentamista, mutta myös olemassa olevan rakennuksen hyödyntäminen käsitetään hankkeena.
Hiilijalanjälki	Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyvien kasvihuonekaasujen summa.
Hiilikädenjälki	Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyvien absoluuttisten ilmastohyötyjen summa muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.
Skenaario	Palvelutilaverkkotarkastelujen yhteydessä skenaariolla tarkoitetaan hankkeita (tiloja), joilla palvelun tilatarve katetaan tarkastelujakson aikana.

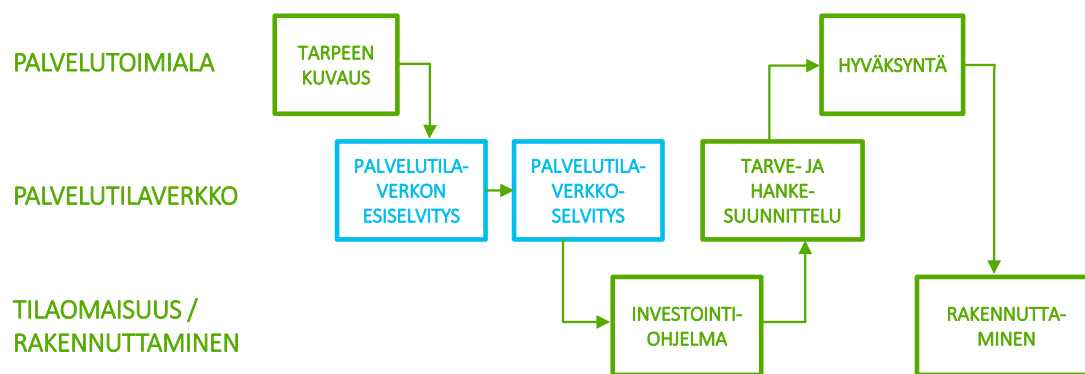
1.3 Lyhenteet

CO_{2e}	Hiilidioksidiekvivalentti
------------------------	---------------------------

2 Palvelutilaverkkoselvitykset osana tilahankeprosessia

Palvelutilaverkkoselvitykset koskevat tiloja, jotka muodostavat palvelutilaverkon. Tässä projektissa käsitellyt tilatyypit ovat: koulu, päiväkotiki, kirjasto, terveysasema, vanhainkoti, muu sote-tila ja edellä mainittujen yhteyteen rakennettava liikuntatila.

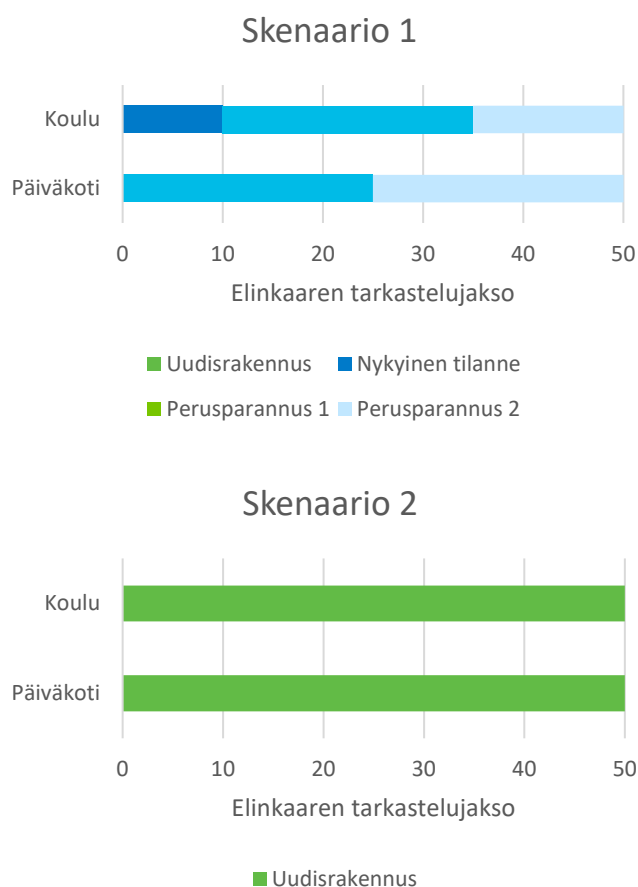
Seuraava kaavio esittää palvelutilaverkkotarkastelut osana prosessia, jolla kaupunki tuottaa palvelutiloja.



Kuva 2 – Palvelutilaverkkoselvitys osana tilahankkeiden prosessia

2.1 Palvelutilaverkkoselvitys

Palvelutilaverkkoselvityksissä selvitetään sitä, miten palvelutarpeeseen (esimerkiksi päiväkotipaikkojen tarpeeseen) voidaan vastata hyödyntäen olemassa olevia ja uusia tiloja. Palvelutilaverkkoselvityksissä tarpeeseen vastataan erilaisin skenaarioin, joista kukin sisältää erilaisen yhdistelmän hankkeita (kuva 3). Yksittäinen palvelutilaverkkotarkastelu sisältää tyypillisesti 2-4 skenaariota.



Kuva 3 – Esimerkki palvelutilaverkkotarkastelusta, jossa on kaksi skenaariota

2.2 Palvelutilaverkon esiselvitys

Tämän projektin aikana todettiin, että palvelutilaverkkotarkasteluja edeltää tyypillisesti vaihe, jossa erilaisia vaihtoehtoja tarkastellaan laajasti mm. paikallisten asukkaiden ja muiden toimijoiden kanssa yhdessä. Tämä vaihe nimettiin palvelutilaverkon esiselvitykseksi. Esiselvitysvaiheessa tarkastelussa voi olla mukana, jopa parikymmentä skenaariota, riippuen tarkasteltavien palvelujen ja toteutustapojen määrästä. Palvelutilaverkkojen esiselvitys toimii karsintaprosessina, jonka tuotteena luodaan yllä mainitut 2-4 skenaariota, jotka käydään läpi yksityiskohtaisemmin palvelutilaverkkotarkastelussa.

3 Rakennuksen elinkaari ja vaikutusten huomioiminen oikea-aikaisesti

Elinkaarilaskelmissa rakennuksen elinkaari koostuu kolmesta vaiheesta: käyttöä edeltävä vaihe (rakentaminen), käyttö ja elinkaaren loppu (purkaminen ja loppukäsittely). Sekä hiilijalanjäljen, että kustannusten kannalta määräävät elinkaaren vaiheet ovat rakentaminen ja käyttö.

Rakennushankkeista voidaan todeta yleisesti, että mitä pidemmälle suunnittelu etenee, sitä työläämpää on toteuttaa merkittäviä muutoksia. Tämä johtuu siitä, että suunnitelmien eri osatekijät ovat sidoksissa toisiinsa ja merkittävä muutos yhdessä niistä aiheuttaa paljon lisätyötä (ja kustannuksia) muiden päivittämisessä. Toisaalta monet merkittävät rakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavat valinnat, kuten se säilytetäänkö vai puretaan vanha rakennus, tehdään varhaisessa vaiheessa suunnittelua – tai jo ennen kuin rakennussuunnittelu perinteisessä mielessä on aloitettu. Näin ollen on oleellista, että keinoja kustannustehokkaaseen hiilijalanjäljen pienentämiseen tarkastellaan varhaisessa vaiheessa.

3.1 Hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät

Palvelutilaverkkotarkastelujen kautta syntyvät päätökset palvelutilojen kehittämisestä vaikuttavat oleellisesti eri palveluiden tuottamisen hiilijalanjälkeen. Alla olevaan kuvaan on koottu rakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä.



Kuva 4 – Rakennushankkeeseen liittyviä tyypillisiä tekijöitä, joilla on elinkaarivaikutuksia

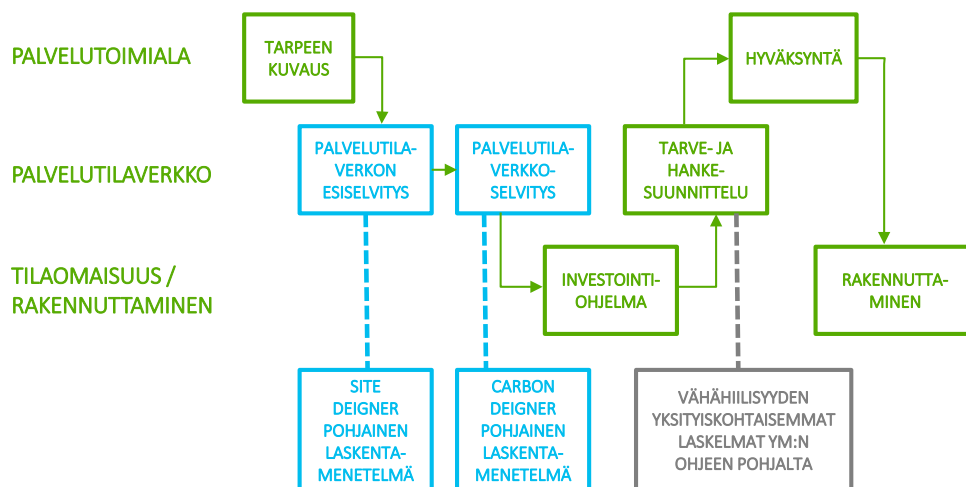
Kuvassa vihreällä taustalla korostettuja tekijöitä voidaan kehitetyn menetelmän avulla tarkastella osana palvelutilaverkkotarkasteluja. Pallojen koot kuvaavat karkeasti eri tekijöiden merkittävyyttä osana kokonaisuutta. Asioista, joita ei käsitellä tässä projektissa tuotetussa menetelmässä, voidaan todeta seuraavaa:

- Rakennusten muuntojoustavuuden (eli sen, kuinka monikäyttöisiä ja muunneltavia tiloja tuotetaan) arviointiin ei ole olemassa yleistä, selkeää menetelmää. Palvelutilaverkkotarkastelujen yhteydessä ei myöskään ole olemassa suunnitelmaa, jonka perusteella rakennuksen muuntojoustavuutta voitaisiin arvioida.

- Sisäilmaolosuhteita ei tässä yhteydessä arvioida erikseen. Oletuksena on, että kaikissa hankkeissa tuotetaan rakennuksia, joiden sisäilmaolosuhteet ovat hyvät koko elinkaaren ajan.
- ”Muilla materiaaleilla” tarkoitetaan rakennuksen rungon ja perustusten lisäksi käytettäviä rakennusmateriaaleja. Nämä materiaalit sisällytetään laskelmiin, mutta niiden kohdalla ei vertailla eri vaihtoehtoja, koska tämä tekisi arviointiprosessista hyvin raskaan. Toisaalta tyyppillisten materiaalivalintojen vaikutukset ovat verraten pieniä suhteessa kokonaisuuteen.

4 Elinkaarilaskentamenetelmä

Keskeinen ongelma palvelutilaverkkotarkastelun yhteydessä tehtävissä elinkaaritarkaste- luissa on käytettävissä olevan tiedon puutteellisuus. Kun rakennukselle on olemassa yksityis- kohtainen suunnitelma, on elinkaaren hiilijalanjäljen ja kustannusten arvioiminen verraten suoraviivaista työtä. Palvelutilaverkkoselvitysten yhteydessä tarkastelut joudutaan tekemään sangen puutteellisilla lähtötiedoilla. Vastauksena tähän haasteeseen kehitettiin tässä projek- tissa kaksi menetelmää: yksi esiselvityksiä ja toinen palvelutilaverkkoselvityksiä varten. Kun palvelutilalle syntyy hanke ja tämän myötä rakennuksen hankesuunnitelmia, voidaan vähä- hiilisyyttä jaa kustannuksia arvioida yksityiskohtaisemmin Ympäristöministeriön Vähähiilisen rakentamisen laskentaohjeen ja tyyppillisen hankekustannuslaskennan kautta.



Kuva 5 – Elinkaarilaskelmat osana palvelutilaproessia

Kuvassa 5 esitetyt laskentamenetelmät perustuvat Bionovan kehittämiin Site Designer ja Carbon Designer -työkaluihin, jotka ovat osa OneClick LCA -tuotetta. Tässä työssä kehitettiin ky- seisiä työkaluja ja luotiin ohje, jonka avulla työkaluja sovelletaan nimenomaisesti palvelutila- verkkojen selvityksiin. Lisäksi työ sisälsi paljon erilaisten laskennan oletusarvojen määrittelyä.

Laskentamenetelmä kuvataan yksityiskohtaisesti raportissa ”Menetelmä ja ohje laskijalle”. Seuraavalla sivulla olevassa kaaviossa kuvataan laskennan päävaiheet. Sinisellä kuvatut vai- heet ovat osa nykymuotoista palvelutilaverkkoselvitystä. Vihreällä kuvatut vaiheet ovat osa tässä projektissa tuotettua menetelmää. Näitä vaiheita kuvataan tarkemmin kaaviota seuraavilla sivuilla.

Luodaan lukuisia
skenaarioita

PALVELUTILAVERKON ESISELVITYS

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20...

Esiselvitysvaiheen elinkaarilaskelmien prosessi noudattaa pääpiirteissään alla palvelutilaverkkoselvitysten laskentaprosessia. Esiselvitysvaiheessa käytetään Site Designer -työkalua

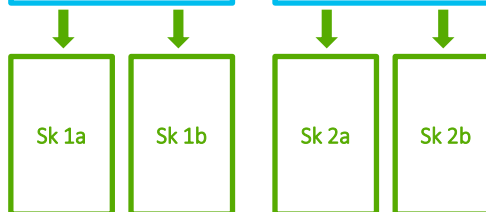
Valitaan skenaariot
tarkempaan tarkasteluun

PALVELUTILAVERKKOSELVITYS



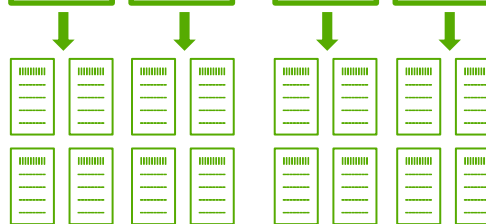
Skenaariot sisältävät useita palveluja ja näille kuuluvia hankkeita

Hiilijalanjälkeä
pienentävien
alaskenaarioiden luonti



Sama skenaario lasketaan esimerkiksi puu- ja betonirunkoisena.

Lähtötietojen kokoaminen



Kullekin skenaarion sisältämälle hankkeelle täytetään lähtötietolomake

Laskelmat

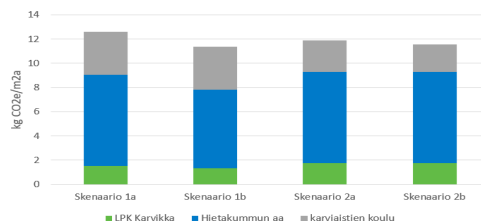


Yksittäisten hankkeiden hiilijalanjäljet ja kustannukset lasketaan Carbon Designer – työkalua hyödyntäen

Laskelmien koostaminen

Yksittäisten hankkeiden tulokset koostetaan skenaarioiden tuloksiksi taulukkolaskentaohjelmalla

Raportointi



Tulokset raportoidaan skenaarioita vertaillen

Kuva 6 – Elinkaarilaskelmien tuottaminen

4.1 Skenaariot

Pääskenaariot muodostuvat palveluista, jotka kukin tuotetaan yhden tai useamman hankkeen avulla (katso kohta 2.1). Kun pääskenaariot on valittu, luodaan näille alaskenaarioita, jotka pienentävät hiilijalanjälkeä. Periaatteessa alaskenaariot voivat koskettaa mitä tahansa tilojen elinkaaren vaiheita. Tässä työssä todettiin, että Helsingin kaupungin uudisrakennusten energiatehokkuudelle asettama perustaso on niin korkea, että uudisrakennusten skenaarioista ei ollut syytä käsitellä energiatehokkaampia versioita.

4.1.1 Runkomateriaali

Rakentamisen päästöihin oleellisesti vaikuttavaa runkomateriaalia on mielekästä tarkastella. Tässä työssä päädyttiin vertaamaan betoni ja CLT-puu runkoja, koska nämä ovat tyypillisiä runkovaihtoehtoja ja koska lähtökohtaisesti kaikki rakennustyypit on toteutettavissa näillä runkomateriaaleilla. OneClick LCA mahdollistaa myös muiden runkomateriaalien tarkastelut ja myös muita vertailuja on helppoa toteuttaa.

4.1.2 Perustamisolosuhteet

Mikäli eri tonttien perustamisolosuhteet tunnetaan, myös tällä voi olla havaittava vaikutus uudisrakennusten hiilijalanjälkeen.

4.2 Lähtötietojen kokoaminen

Lähtötietojen kokoaminen voi olla yksi työläimmistä vaiheista laskentaa. Olemassa olevien rakennusten tietoja ei (ainakaan tässä vaiheessa) ole saatavilla yhdestä lähteestä. Laskennan pohjaksi täytyy tehdä myös oletuksia ja rajavetoja, joiden valinnassa ei ole olemassa yhtä ainoa oikeaa vastausta. On tärkeää, että lähtötiedot ja oletukset kirjataan selkeästi muistiin.

4.3 Laskelmat

Hiilijalanjälkien ja kustannusten laskeminen pohjautuu OneClick LCA -ohjelman käyttöön. Laskeminen OneClick LCA:n avulla on tottuneelle ohjelman käyttäjälle melko nopeaa työtä. Hyvin valmistellut lähtötiedot auttavat laskelmien nopeaa toteutusta.

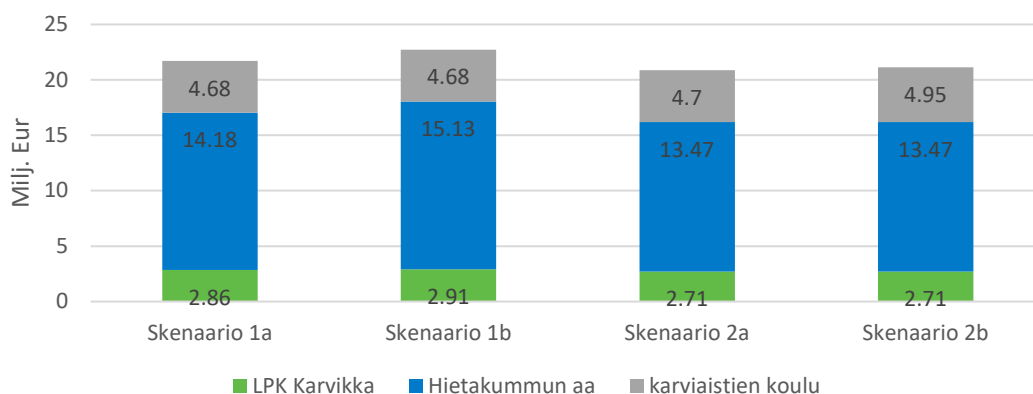
Laskelmien toteutustavan pääpiirteitä käsitellään kohdassa 5.

4.4 Laskelmien koostaminen

Yksittäisten hankkeiden hiilijalanjäljen ja kustannusten tulokset tallennetaan taulukkomuotoon ja näistä kootaan luotujen skenaarioiden mukaiset palvelut. Tämä työvaihe voi olla verraten aikaa vievä. Näin on erityisesti, jos skenaariot käsittävät lukuisia palveluita ja näihin liittyviä hankkeita. Tämä korostuu erityisesti hiilijalanjäljen laskelmissa, koska näiden tulosten koostaminen vaatii kunkin hankkeen tulosten painottamista pinta-aloilla (katso seuraava kohta).

4.5 Raportointi

Elinkaarilaskelmien tulokset koostetaan raporttiin, jonka oleellisin sisältö on pylväsdiagrammeissa, jotka vertaavat eri skenaarioiden hiilijalanjälkiä ja kustannuksia.



Kuva 7 – Esimerkki skenaarioiden elinkaarikustannuslaskennan tuloksista

Laskentatuloksia hyödynnetään osana palvelutilaverkkotarkastelua, joka sisältää myös paljon muita näkökohtia.

4.5.1 Hiilijalanjäljen raportointi

Hiilijalanjälki raportoidaan kiloina hiilidioksidiekvivalenttia per neliö ja vuosi ($\text{kg CO}_2\text{e/m}^2 \text{ a}$). Tämä Ympäristöministeriön ohjeen mukaisen raportointitavan selkeä etu on tulosten vertailtavuus muihin hankkeisiin (esimerkiksi yksittäisten koulujen laskelmiin). Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan myös uudisrakennusten hiilijalanjäljen ”katot”. Palvelurakennuksien hiilijalanjäljelle tulee siis lähivuosina arvo, joka jokaisen uudisrakennuksen tulee alittaa. Myös olemassa olevien rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkeä voidaan tulevaisuudessa arvioida käyttäen mainittua kattoa mittatikkuna.

Jos palvelu sisältää useita hankkeita, muodostuu palvelun hiilijalanjälki hankkeiden hiilijalanjälkien pinta-alalla (lämmitettävä nettopinta-ala) ja käyttöajanjaksolla painotetusta keskiarvosta. Skenaarion hiilijalanjälki muodostuu puolestaan eri palveluiden pinta-alalla painotetusta keskiarvosta.

4.5.2 Kustannusten raportointi

Kustannukset raportoidaan miljoonina euroina. Kaikki skenaarion kustannukset lasketaan yhteen. Kustannukset on helppoa eritellä myös rakennusten elinkaaren vaiheiden mukaan.

5 Oleellisimpia laskelmien lähtökohtia

Seuraavassa esitetään elinkaarilaskelmien oleellisimpia lähtökohtia. Yksityiskohtaisemmin asiaa käsitellään raportissa ”Menetelmä ja ohje laskijalle”.

5.1 Huomioitavat tilavaihtoehdot

Vaihtoehtoskenaarioita luotaessa noudatetaan seuraavia periaatteita: Koska elinkaarilaskelmien tavoitteena on tuoda esiin eri skenaarioiden eroja, skenaarioihin sisällytetään vain ne palvelut, joille harkitaan vaihtoehtoisia toteuttamismuotoja. Toisaalta kaikkien skenaarioiden tulee kattaa samat palvelut.

5.2 Hanketyypit

Seuraavassa taulukossa esitetään hanketyypit, joista skenaariot muodostuvat ja kerrotaan kehitetyn laskentamenetelmän soveltamistapa kullekin hanketyypille.

Hanketyyppi	Elinkaarilaskennan menetelmän soveltamistapa
Uudisrakentaminen	Menetelmää sovelletaan sellaisenaan.
Täydennys- ja korjausrakentaminen	Menetelmää sovelletaan sellaisenaan. Laskenta rajataan rakennettaviin tai korjattaviin osiin (ei koske olemassa olevia osia). Energian kulutuksen ja liikkumisen muutos huomioidaan.
Ei rakennushanketta	Menetelmää sovelletaan vain energian kulutuksen ja käyttäjien liikkumiseen syntyvien muutosten osalta.

5.3 Arviointijakso

Laskelmissa arvioitava ajanjakso on 50 vuotta. Tämä ei tarkoita, että rakennusten oletetaan kestävän vain 50 vuotta, vaan kyseessä on Ympäristöministeriön ohjeen mukainen oletus.

5.3.1 Useammasta hankkeesta koostuva palvelu

Mikäli palvelu koostuu useammasta vaiheesta, lasketaan eri vaiheiden vaikutukset yhteen 50 vuoden ajalle. Seuraava esimerkki avaa lähestymistapaa.

Päiväkoti Orvokissa aiotaan tehdä perusparannus kymmenen vuoden päästä. Orvokin laskelmat koostuvista vaiheista, joiden vaikutukset lasketaan yhteen:

- 10 vuotta käyttöä nykyisen rakennuksen mukaisella energiatehokkuudella
- Perusparannuksen rakentamisen vaikutukset
- 40v käyttöä parannetulla energiatehokkuudella

Yllä olevassa esimerkissä perusparannuksen rakentamisen vaikutukset lasketaan 50 vuoden ajanjaksolle, mutta vaikutukset huomioidaan vain 40 vuoden ajanjaksolta.

5.4 Hiilijalanjälkilaskelmien päästökertoimet

Hiilijalanjälkilaskelmien tuloksiin vaikuttaa oleellisesti eri toiminnoille annettavat päästökertoimet. Laskelmat sisältävät Ympäristöministeriön luoman oletuksen siitä kuinka eri energiamuotojen päästöintensiteetti tulee laskemaan tulevina vuosikymmeninä. Eri

rakennusmateriaalien päästökertoimet perustuvat materiaali- ja rakennusosatuottajien EPD (Environmental Product Declaration) -raportteihin.

5.5 Kustannusten diskonttaus

Elinkaarikustannuslaskennassa rakennuksen koko laskentajakson aikana syntyvät kustannukset lasketaan yhteen diskonttaamalla tulevat kustannukset nettonykyarvoon. Käytännössä riippuen kustannukset noin vuodesta 30 eteenpäin ovat lopputuloksen kannalta vähämerkityksellisiä.