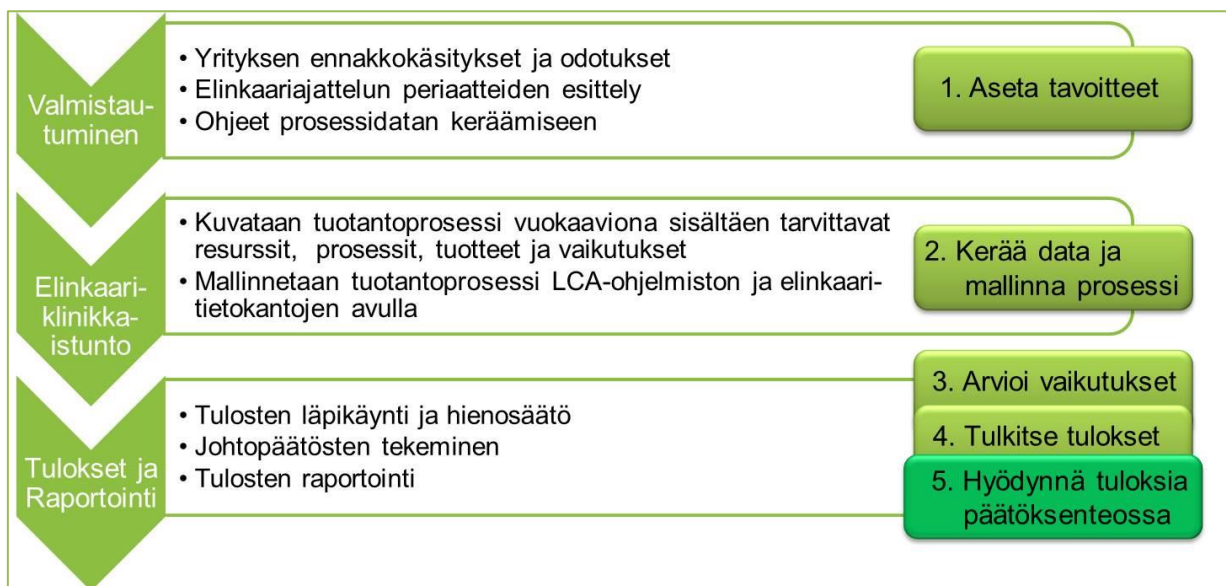


# Toimintamalli yritysten elinkaaristen ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y) -hanke

## Päivitetty Teolliset Symbioosit materiaalikehitys ja Malli - Y analyysi Pohjois-Savo -hankkeessa



### Elinkaariklinikat: ohjeita toteuttajalle



Suomen ympäristökeskus 2017, julkaistu 6.11.2017

Päivitetty 27.05.2019



## Sisältö

1	Alkusanat.....	3
2	Elinkaariarvioinnin työkaluja.....	4
3	Elinkaariklinikan toteuttaminen .....	5
4	Käytännön vinkkejä elinkaariklinikoiden toteuttamiseen.....	6
4.1	Elinkaariklinikoiden sisältö ja markkinointi .....	6
4.2	Yhteydenotto pk-yritykseen .....	7
4.3	Esiselvitys ennen elinkaariklinikkaa .....	7
4.4	Elinkaariklinikka-istunto.....	8
4.4.1	Rajausten tekeminen.....	8
4.4.2	Prosessi- eli inventaariotietojen kerääminen .....	8
4.4.3	Kuljetukset.....	10
4.4.4	Materiaalit.....	10
4.4.5	Ympäristövaikutusten kohdentaminen.....	11
4.4.6	Veden lämmitys.....	11
4.5	Prosessin mallintaminen ja keskeisten ympäristövaikutusten laskenta .....	12
4.5.1	Kuljetusten mallintaminen.....	12
4.5.2	Materiaalit.....	13
4.5.3	Yksikköprosessit .....	15
4.5.4	Materiaalitietojen lisääminen/mallintaminen itse.....	16
4.5.5	Sähkö ja lämpö.....	16
4.5.6	Arviointikriteerit (vaikutusindikaattorit) .....	17
4.5.7	Herkkyystarkastelut .....	18
4.5.8	Kustannukset.....	18
4.6	Tulosten tulkinta (normalisointi, referenssituote) .....	20
4.7	Johtopäätökset ja tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa .....	21
4.8	Tulosten esittäminen .....	22
4.9	Tulosten käyttö yrityksessä .....	23

## Liitteet

- Liite 1. Hintavertailuita eri tietolähteiden välillä
- Liite 2. Tietopaketti yrityksille.
- Liite 3. Esitietolomake
- Liite 4. Materiaalitietolomake
- Liite 5. Esimerkkiraportti elinkaariklinikasta

# 1 Alkusanat

Tämä toteuttamishoje on kirjoitettu ToimintaMALLI yritysten elinkaaristen Ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y) –hankkeessa vuonna 2017, ja päivitetty hankkeen Teolliset Symbioosit materiaalikehitys ja Malli - Y analyysi Pohjois-Savo (TSMALLI-Y) -hankkeessa vuonna 2019.

MALLI-Y -hanke on rahoitettu Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR, kansallisena rahoittajana Etelä-Savon Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus) sekä Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) varoin ja toteutettu vuosina 2015–2017. Hankkeen toteuttajana toimi SYKEN tuotannon ja kulutuksen keskuksen tutkijoista koostuva ryhmä. Jatkohanke TSMALLI-Y

Hankkeen aikana testattiin ja edistettiin SYKEssä kehitettyä, kevennettyyn elinkaariarviointiin (Life Cycle Assessment (LCA)) pohjautuvaa elinkaariklinikka-toimintamallia (Judl ym. 2015) pk-yritysten tuotteiden tai palveluiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi. Tämä toimintamalliin kuuluva ohje elinkaariklinikoiden toteuttajille sekä muut toimintamalliin liittyvät julkiset materiaalit ovat saatavilla hankkeen internetsivulta osoitteesta [www.syke.fi/hankkeet/pohjoiskarjalanelinkaariklinikat](http://www.syke.fi/hankkeet/pohjoiskarjalanelinkaariklinikat). Hankkeen loppuraportti ”Elinkaariajattelu pk- ja startup-yritysten ympäristövaikutusten arvioinnissa ja tuotekehityksen tukena” (Niemistö ym. 2017) on saatavilla hankesivuilla sekä osoitteessa <http://hdl.handle.net/10138/228240>.

Elinkaariklinikatoimintaa jatkettiin ja kehitettiin edelleen vuosina 2017–2019 osana TSMALLI-Y –hanketta. Tämä hanke rahoitettiin EAKR-, kunta- (Varkaus, Iisalmi, Suonenjoki, Kuopio) ja toteuttajien omarahoitteuksella. Hankeessa mukana olivat Navitas Kehitys Oy (päävastuullinen), Iisalmen Teollisuuskylä Oy, Savonia – Ammattikorkeakoulu ja SYKE. Tässä hankkeessa toteutettiin 11 elinkaariklinikkaa joista neljä on vapaasti nähtävissä hankkeen sivuilta (Materiaalivirrat 2019, SYKE 2019) LCA-klinikan osalta suurin kehitystavoite kohdistettiin kustannuslaskennan sisällyttämiseksi analyysiin. Elinkaariklinikoiden toteutus- ja kehitystyötä jatketaan edelleen muun muassa Kestävän liiketoiminnan edistäminen Pohjois-Karjalan kiertotaloudessa - hankkeen kautta (KELIPK 2019).

Tämä opas sisältää ohjeet elinkaariklinikan toteuttamiseksi. Ohjeissa nostetaan esille asioita, joita tulisi huomioida elinkaariklinikan (eli kevennetyn elinkaariarvioinnin) toteutuksessa. Tämä ohjedokumentti ei sisällä yksityiskohtaisia ohjeita elinkaarimallinnukselle eikä ole sitova suositus tuotteen tai palvelun ilmastovaikutuksia kartoittavan elinkaariselvityksen toteuttamiselle. Etenkin laajamittaisemman elinkaariarvioinnin suorittamisessa tulee noudattaa ISO-standardeja (SFS-EN ISO 14040:2006 ja 14044:2006).

## 2 Elinkaariarvioinnin työkaluja

Yritystoimintaa ohjaavat osaltaan lainsäädäntö, asiakkaiden ja muiden sidosryhmien odotukset ja vaatimukset. Elinkaariarvioinnin tarjoamia mahdollisuuksia yritystoiminnassa ovat muun muassa (Antikainen 2010):

- tuotteen/palvelun ympäristövaikutusten ja niiden merkittävyyden tunnistaminen (kokonaisvaikutukset ja vaikutukset yksikköprosesseittain),
- tuotesuunnittelu ja -kehitys: erilaisten vaihtoehtojen ja niiden vaikutusten vertailu,
- prosessidatan eli inventaariotiedon monipuolinen hyödyntäminen,
- ympäristövaikutuksiin perustuvan päätöksenteon tukeminen,
- kilpailuedun luominen, kun tunnistetaan oman tuotteen edut suhteessa kilpailijaan (esim. tuotteen ekologisen kädenjäljen eli ympäristömyönteisten vaikutusten määrittäminen),
- markkinoinnin edistäminen,
- lainsäädännön vaatimuksiin vastaaminen.

Elinkaariarvioinnin metodologiaa ei esitellä tässä ohjeistuksessa. Tietoa elinkaariarvioinnista ja sen käytöstä löytyy esimerkiksi ISO-standardeista (SFS-EN ISO 14040:2006; 14044:2006), Euroopan komission alaisen Joint Research Centre (JRC):n International Life Cycle Data System (ILCD) -käsikirjasta ja tietojärjestelmästä (EC-JRC 2010) sekä Suomen ympäristökeskuksen raporteista Antikainen (2010), Antikainen & Seppälä (2012) ja Seppälä (2004).

Elinkaariklinikassa arvioitavan tuotteen tai palvelun tuotantoon liittyvät prosessitiedot (raaka-aineet, sähkön- ja lämmönkulutus, kuljetusmatkat) saadaan ensisijaisesti yritykseltä. Nämä tiedot yhdistetään elinkaaritietokantojen vaikutusarvointitietoihin eri materiaaleista ja yksikköprosesseista. Tällaisia elinkaariarvioinnin tietokantoja ovat muun muassa Ecoinvent (Ecoinvent 2017) ja European Life Cycle Database ELCD (EC-JRC 2006). Elinkaaritietokantojen tiedot ovat tarkistettuja ja pohjautuvat aiemmin (yleensä ulkomailla) tehtyihin elinkaaritarkasteluihin. Elinkaaritietokantojen käyttö vaatii yleensä lisenssin hankinnan, mutta osa tietokannoista on saatavilla myös ilman lisenssiä tai käyttömaksuja. Lisäksi, enenevässä määrin tuotteille laaditaan ympäristöselosteita (Environmental Product Declaration) ja etenkin suuret yritykset ovat myös toteuttaneet elinkaariarvioita tuotteistaan. Useimmat näistä EPD-dokumenteista ovat julkisia ja sisältävät tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista (esimerkiksi Eco Platform 2014).

Elinkaariarviointi on perinteisesti ympäristövaikutuksiin puretuva metodi, eikä kustannuslaskentaa tavallisesti sisällytetä siihen. Elinkaarikustannusten arvioinnista (Life cycle costing) (Finkbeiner ym. 2006) on kuitenkin tulossa yhä yleisempää ja siihen on alettu panostaa myös elinkaaritietokannoissa. Ympäristövaikutusten muuntaminen rahaksi ei ole aina sopivaa (voiko kaikkea korvata tai kompensoida rahalla?). Kuitenkin, hintatiedot mahdollistavat yrityksille toimintojen muutosten taloudellisten vaikutusten tarkastelut kustannus-hyöty-lähestymisen avulla, eli ympäristötoimiin käytettävien resurssien käyttämisen mahdollisimman tehokkaasti (Hall 2015). Kustannustietoja ei välttämättä ole helppo saada, ja sen vuoksi kustannuslaskennan toteuttamista on aiheen pohtia erikseen.

Elinkaariarvioinnissa arvioitava tuote tai prosessi mallinnetaan LCA-ohjelmiston ja elinkaaritietokantojen avulla. Kaupallisia LCA-ohjelmistoja on olemassa useita, joista tunnetuimpia ovat GaBi (Thinkstep 2017), SimaPro (Pré 2017), Umberto NXT LCA (ifu Hamburg GmbH 2017) ja maksuttomasti ladattavissa oleva openLCA (GreenDelta 2017). Lisäksi on olemassa esimerkiksi rakennusten mallintamiseen liittyen One Click LCA-ohjelmisto (Bionova Ltd 2018). Ohjelmistot sisältävät yleensä

- 1) käyttöliittymän tuotejärjestelmän mallinnusta varten,
- 2) yksikköprosessien tai materiaaliavirtojen ominaisuudet sisältävän tietokannan (life cycle inventory eli LCI), joko ohjelmaan sisäänrakennettuna tai erikseen hankittavana osana),
- 3) vaikutusarviointi-tietokannan (life cycle impact assessment eli LCIA) sekä
- 4) vaikutusarviointimenetelmiä (LCIA methods), jotka yhdistävät tietokantojen tiedot mallinnetun prosessin ja valitun vaikutusarviointimenetelmän kanssa ja laskevat tulokset eli ympäristövaikutukset. Laskenta sisältää yleensä myös tulosten käsittelyyn liittyvät normalisointi- ja painotusmahdollisuudet.

LCA-ohjelmistojen hinnat ja käyttöliittymät vaihtelevat, joten ohjelmiston hankintavaiheessa kannattaa tutustua eri vaihtoehtoihin esimerkiksi maksuttomien kokeiluversioiden avulla. Myös eri materiaalitietokantojen yhteensopivuus

kannattaa selvittää ennen ohjelmistojen hankintaa, sillä eri ohjelmat saattavat käyttää erilaista datan tallennusmuotoa ja esimerkiksi SimaProlle hankittu Ecoinvent-lisenssi ei ole käytettävissä suoraan openLCA:n kanssa. Ohjelmistojen ja tietokantojen lisenssien ja ylläpitosopimusten hinnat vaihtelevat sadoista tuhansiin euroihin vuodessa.

Elinkaariarviointeja voi tehdä myös taulukkolaskentaohjelmien (kuten Microsoft Excel) matriisilaskentaa käyttäen, mutta yleensä LCA-ohjelmistojen hyödyntäminen on nopeampaa ja erilaisten virheiden, kuten väärin syötettyjen prosessitietojen, löytäminen on helpompaa. LCA-ohjelmistoissa on myös erilaisia työkaluja (esim. simulaatioita) tulosten esittämisen tueksi sekä herkkyysanalyysien tekemiseksi.

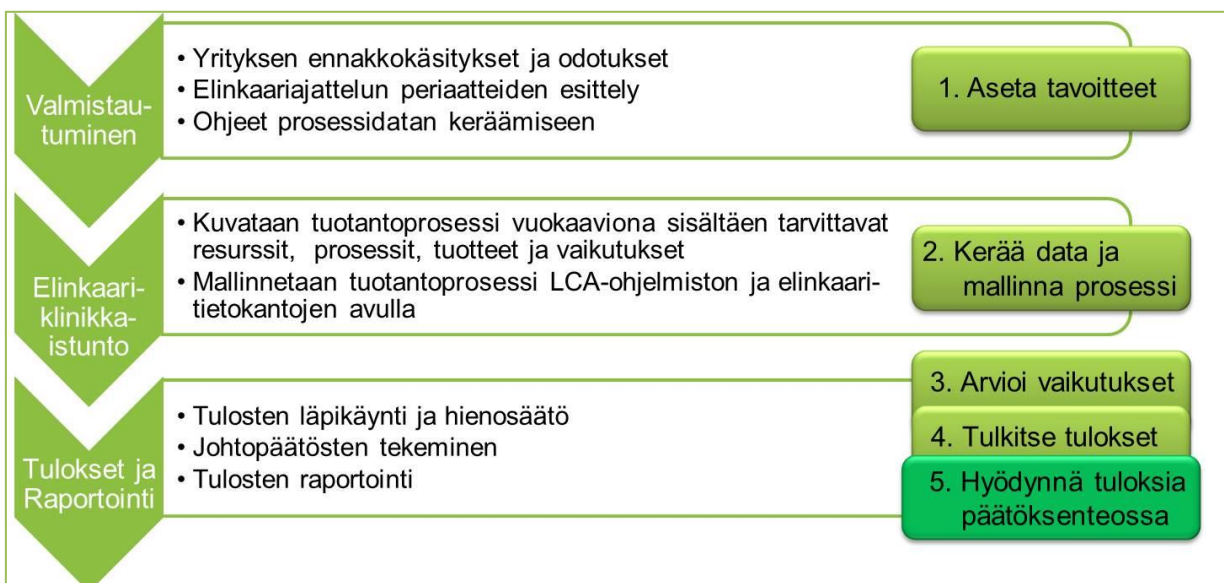
### 3 Elinkaariklinikan toteuttaminen

Elinkaariklinikan avulla yrityksiä autetaan löytämään tuotteensa elinkaaren keskeisimmät ongelmakohdat ja kehitysideoita tuote- tai prosessitasolla havaittujen ongelmien korjaamiseksi. Elinkaariklinikka perustuu kevennettyyn elinkaariarviointiin. Tässä luvussa esitellään elinkaariklinikan sisältö lyhyesti ja seuraavissa kappaleissa käydään vaiheet kohta kohdalta tarkemmin läpi.

Elinkaariklinikka sisältää seuraavat vaiheet (kuva 1):

- 1) Kohdeyrityksen toimitusjohtajan tai tuotantoprosessista vastaavan henkilön **haastattelu**: elinkaaritarkastelun peruseriaatteen esittely yritykselle sekä yrityksen toimintatavoitteiden ja arviointiin liittyvien odotusten selvitys.
- 2) Yritystä pyydetään etukäteen hankkimaan **tuotantoprosessiin liittyvät tiedot** (raaka-aineet, energia, päästöt, kuljetukset, kustannukset). Yrityksen tuotantoprosessi kuvataan yhdessä yrityksen edustajan kanssa **vuokaavion** avulla.
- 3) Yrityskohtaisiin aineistoihin yhdistetään **mallintamisen** avulla eri elinkaaritietokantoihin pohjautuvat aineistot ja suoritetaan ilmastovaikutusten laskenta elinkaariohjelmiston avulla.
- 4) Elinkaariklinikan päätteeksi **keskustellaan saaduista tuloksista** ja tarvittaessa niitä tarkennetaan yrityksen kanssa.

Elinkaariklinikka-istunnon tuloksista koostetaan **kirjallinen raportti**, jonka yritys tarkistaa vielä ennen käyttöönottoa tuotekehityksensä tukena.



Kuva 1. Elinkaariklinikan vaiheet.

Ennakkovalmisteluineen yhden yrityksen tuotanto- tai palveluprosessin arviointiin kuluu elinkaariklinikan suorittavien asiantuntijoiden työaikaa noin 2–3 työpäivää. Ajan tarve on kuitenkin riippuvainen tarkasteltavasta tapauksesta. Työaika lisääntyy etenkin silloin, kun yrityksen hankintaketju on laaja, tai jos elinkaaritietokannat ovat puutteelliset ja tarkentavia prosessitietoja joudutaan etsimään paljon tietokantojen ulkopuolelta. Voi myös käydä niin, että yritys muokkaa ja tarkentaa tietoaan useaan kertaan mallinnuksen aikana lisäten käytettyä työaikaa.

Yritykset osallistuvat prosessitiedon ennakkokeruulla, noin 2–4 tunnin kestoisella elinkaariklinikkaistunnolla sekä tulosten ja raportin tarkastukseen ja hienosäätöön osallistumalla. Kaikkiaan yrityksiltä kuluu yleensä noin 1–2 työpäivää, riippuen kauanko prosessitiedon keräämiseen kuluu aikaa tai kuinka yksityiskohtaisesti yritys tietoja kokoaa. Yrityksen ajantarve voi nousta useaan työpäivään, mikäli yritys tahtoo panostaa klinikkaan erityisen paljon.

## 4 Käytännön vinkkejä elinkaariklinikoiden toteuttamiseen

### 4.1 Elinkaariklinikoiden sisältö ja markkinointi

Yritys saa elinkaariklinikan kautta tietoa tuotantonsa ympäristövaikutuksista, ja voi tietojen avulla estää tai vähentää niiden syntymistä. Useimmiten arvioidaan ilmastovaikutuksia, mutta klinikassa voidaan käyttää myös muita tai useampia vaikutusluokkia ja niiden merkittävyyttä voidaan arvioida esimerkiksi pohtimalla toimialan erityispiirteitä sekä tarkastelemalla aiempia tutkimuksia. Tuloksia voidaan havainnollistaa normalisoinnin kautta (ks. kohta 4.6 sivulla 19), jolloin voidaan saada tietoa arvioitavan tuotteen tai palvelun merkittävimmistä ympäristövaikutuksista suhteuttamalla niitä laajemmin ihmistoiminnan aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Toteuttajan tulee osata arvioida ja tulkita erilaisia ympäristövaikutusluokkia, mikäli niitä sisällytetään elinkaariklinikkaan. Myös tulosten tulkinnan lisääntyvä ajantarve tulee tällöin huomioida kokonaisuudessa.

Hankkeissa elinkaariklinikat olivat yrityksille maksuttomia. Mikäli elinkaariklinikoita toteutetaan palveluliiketoimintana, tulee elinkaariklinikan sisällön ja hinnoittelun olla sopivat yrittäjien motivoimiseksi käyttämään palvelua. Palautekyselyiden perusteella maksuhalukkuus vaihteli yrityskohtaisesti nollostamutamaan tuhanteen euroon sen mukaan miten paljon yritys koki arvioinnista olleen heille hyötyä. Jotta klinikkatoiminta voisi olla maksullinen palvelu, tulisi se tuotteistaa hyvin selkeästi ja sisältöä tarkentaa yrityksen tarpeen ja tilauksen mukaiseksi.

Elinkaariklinikan tuotteina voisi olla esimerkiksi perusarviointi yhdelle tuotteelle tai palvelulle, lisämaksusta yrityksen useamman tuotteen/palvelun rinnakkainen arviointi ja/tai vertailu. Aiemmin tehdyille arvioinnille voisi myös tarjota päivitystä tai laajennusta. Elinkaariklinikka voidaan lisäksi yhdistää johonkin toiseen yrityskohtaisesta prosessitietoa vaativaan selvitystyöhön. Esimerkiksi vuosina 2017–2019 toteutetussa hankkeessa muutamassa klinikassa yritykset olivat liittymässä ympäristöstandardointeihin, ja klinikka tarjosi yritykselle sitä varten lisätietoa. Myös materiaalikatselmuksen yhteydessä elinkaariklinikka voisi antaa lisäarvoa yrittäjälle, kun samalla tiedonkeruulla voitaisiin tuottaa erityyppisiä arvioiteja yrityksen käyttöön.

Myös erilaiset rahoitustukimuodot voisivat osaltaan kannustaa yrittäjiä hyödyntämään elinkaariklinikkaa tuotekehityksen tukena. Elinkaariklinikka voisi olla esimerkiksi osana kaupunkien tai kehittämissyhtiöiden tarjoamia maksuttomia yrityspalveluita tai tuettuna palvelumuotona (esimerkiksi ELY-keskusten tarjoamiin yrityksen kehittämispalveluihin (ELY-keskus 2014). Tällöin elinkaariklinikoita tarjoavan toteuttajan tulisi olla yhteydessä rahoittajatahoihin selvittääkseen, miten palvelun saa mukaan tuettuihin palveluihin. Business Finlandilla (aiemmin Tekes) on lisäksi tällä hetkellä käytössä pk-yrityksille suunnattu innovaatioaseteli jonka avulla elinkaariklinikoitakin voitaneen tiettyjen ehtojen täytyessä rahoittaa (Business Finland 2019).

Iskevä mainoslause voisi lisätä elinkaariklinikoiden houkuttelevuutta, esimerkiksi vaikka ”Määrittele oman tuotteesi CO<sub>2</sub>-päästöt ja kompensoi ne”. Kompensointiin on olemassa erilaisia tapoja puiden istuttamisesta aina vapaaehtoisten päästömaksujen käyttöön. Alalla toimii useita maksullisia palveluntarjoajia, (esimerkiksi Nordic Offset Oy ja CO2Esto Oy), joiden kautta voi tehdä lahjoituksia erilaisille päästökompensaatiohankkeille muun muassa kehittyvissä maissa.

## 4.2 Yhteydenotto pk-yritykseen

Toimintamallia mainostetaan erilaisten markkinointikanavien kautta tai otetaan yhteyttä suoraan yrityksiin (esim. toimitusjohtaja, tuotantopäällikkö). Tämän kehityshankkeen aikana elinkaariklinikoita markkinoitiin lähettämällä yritykselle ensin sähköpostia, jossa esiteltiin lyhyesti elinkaariklinikan sisältö ja yrityksen hyödyt osallistumisesta. Sähköpostin lisäksi yritykseen otettiin myöhemmin yhteyttä puhelimitse. Liitteessä 1 on esitetty esimerkit hankkeen aikana käytetystä sähköpostiviestistä ja elinkaariklinikka-esitteestä.

Kun yritys kiinnostuu elinkaariklinikasta, sovitaan yhdessä aikatauluista:

- **esiselvitys** (lomakkeen täyttö, voidaan toteuttaa myös puhelinhaastatteluna),
- **prosessitietojen kerääminen** (lomakkeen täyttö, mahdollisuuksien mukaan palautus 1–2 työpäivää ennen klinikkaa),
- **yrittäjän ja arvioinnin toteuttajan yhteinen tapaaminen** (n. 2–4 tuntia),
- **raportointi** (varsinainen raportti yritykselle esim. viikon kuluessa klinikkaistunnosta).

Yrityksen edustajalle esitellään elinkaariajattelun ja ympäristövaikutusarvioinnin pääpiirteet sekä elinkaariklinikan sisältö lyhyesti erillisen materiaalin avulla (liite 2). Materiaalin voi lähettää etukäteen yritykseen ja käydä sitä vielä tarvittaessa yhdessä läpi elinkaariklinikkaistunnon alussa. Näin yrittäjä ymmärtää paremmin arvioinnin eri vaiheiden merkityksen sekä saa arvioinnista ja tuloksista enemmän hyötyä. Toisinaan yrityksissä saatetaan ajatella, että elinkaariklinikassa heille tuotetaan niin sanotusti ”oikea” standardit täyttävä arvio, jota yritys voi käyttää etunaan. Näin ei kuitenkaan ole, joten on aiheellista tähdentää, että kyse on pelkästään yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettu arviointi. Varsinaiisiin markkinointitarkoituksiin täytyy teettää standardinmukainen arviointi, ja tämä voi vähentää yritysten kiinnostusta osallistua elinkaariklinikkaan.

## 4.3 Esiselvitys ennen elinkaariklinikkaa

Ennen elinkaariklinikkaa tai viimeistään klinikan aluksi on hyvä kartoittaa yrityksen odotuksia sekä koota perustietoja arvioitavasta tuotteesta/prosessista. Yrityksen edustajaa pyydetään täyttämään esitieto- ja materiaalilomakkeet (liitteet 3 ja 4) tai esiselvitys tehdään puhelinhaastatteluna toteuttajan täyttäessä lomakkeen. Inventaariotiedot arvioitavaan kohteeseen (tuote/palvelu) liittyen on hyvä saada jo ennen elinkaariklinikkaa. Näin sekä arvioijalla että yrityksessä saadaan parempi käsitys tarvittavista inventaariotiedoista ja tapaamisessa on paremmat edellytykset tarkentaa ja täydentää tietoja. Samalla jälkikäteen kysyttävien asioiden - ja sen myötä kokonaistyon - määrä vähenee. Kokemus osoittaa, ettei esitietolomake aina juurikaan kiinnosta yritystä. Arvioinnin kannalta olennaisempaa onkin, että inventaariotieto on hyvälaatuista ja arvioijalle helppoa käyttää. Jos lomakkeet saadaan valmiiksi ennen tapaamista, lomakkeet on hyvä lähettää yritykseen vielä tarkistettavaksi ennen elinkaariklinikkatapaamista ja/tai arvioinnin aloittamista.

Perustietojen pohjalta voidaan sopia toiminnallisesta yksiköstä (functional unit). Se on vertailuyksikkö, jonka suhteen inventaariotiedot lasketaan ja ilmoitetaan. Arvioinnille valittu toiminnallinen yksikkö tulee huomioida tiedonkeruuvaiheessa suhteuttamalla aine- ja energiavirtojen määrät valitun yksikön mukaan (esim. yksi tuote vs. vuosituotanto). Jos toiminnallinen yksikkö on siis esimerkiksi yhden tuotekappaleen valmistus, inventaariotietoihin kerätään yhden tuotteen vaatimat raaka-aineet ja resurssit. Lisäksi sovitaan arvioinnin laajuudesta: tarkastellaanko esimerkiksi tuotteen valmistusta sisältäen raaka-aineiden hankinnan ja kuljetukset sekä valmistuksen tuotteeksi, sisällytetäänkö mahdolliset pakkausmateriaalit arviointiin ja huomioidaanko kuljetus asiakkaalle saakka.

Toiminnallisen yksikön on hyvä olla helposti ymmärrettävä ja skaalautuva. Sen määrittäminen ei aina ole helppoa, ja klinikan toteuttajan on kyettävä esittämään yritykselle mahdollisia vaihtoehtoja. Etenkin asiakkaan toiveiden mukaan suunniteltavissa tuotteissa voi olla haasteellista löytää sopiva toiminnallinen yksikkö. Tällöin voidaan arvioida keskimääräinen tuote ja mallintaa päästöt sen mukaan. Tämänkin vuoksi toteuttajan on hyvä olla tutustunut kohteeseen ennen tapaamista.

Yritystä pyydetään keräämään inventaariotiedot arvioitavaan kohteeseen (tuote/palvelu) liittyen materiaalitietolomakkeelle (liite 4) mieluiten jo ennen elinkaariklinikkaa. Näin yrityksessä saadaan parempi käsitys tarvittavista inventaariotiedoista ja toisaalta arvioinnin suorittajilla on tapaamisessa paremmat edellytykset esittää tarkentavia ja tietoja täydentäviä kysymyksiä. Samalla jälkikäteen kysyttävien asioiden - ja sen myötä kokonaistyon - määrä vähenee. Kokemus osoittaa, ettei esitietolomake aina juurikaan kiinnosta yritystä. Arvioinnin kannalta olennaisempaa onkin, että inventaariotieto on hyvälaatuista ja arvioijalle helppoa käyttää.

## 4.4 Elinkaariklinikka-istunto

### 4.4.1 Rajausten tekeminen

Elinkaariklinikoissa arvioidut prosessit ja palvelut rajattiin yleensä raaka-aineiden/materiaalien tuottamisesta ja hankinnasta yrityksen lähtöportille asti, mutta asiakkaalle toimituksenkin voi huomioida. Myös sivu- ja jätevirrat on syytä ottaa huomioon. Tarkastelun kohteena olivat siten

- raaka-aineet: tuotteeseen kuuluvat materiaalit sekä pakkausmateriaalit,
- raaka-aineiden kuljetukset alihankkijalta tai tukusta yritykseen (myös kuljetukset asiakkaalle on mahdollista huomioida),
- prosessointi, mukaan lukien sähkönkulutus ja lämmöntarve. Mikäli sähkönkulutuksesta ei ole tarkkoja tietoja, käytetään mahdollisuuksien mukaan elinkaaritietokantojen valmiita yksikköprosesseja (esim. ruiskuvalu),
- tuotteen toimittaminen asiakkaalle ja
- jäte- ja sivuvirtojen kuljetukset ja käsittelyt.

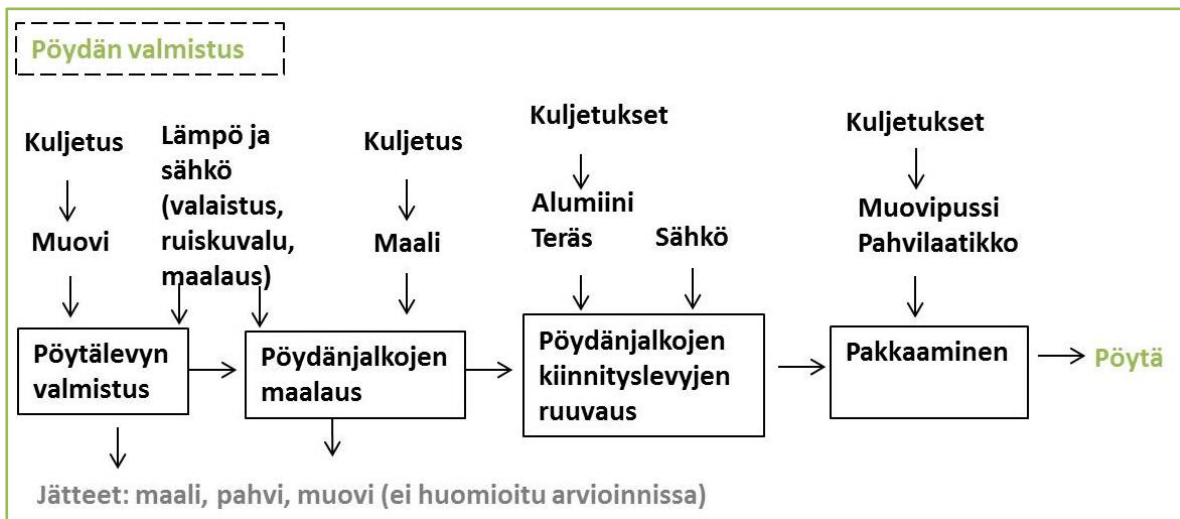
### 4.4.2 Prosessi- eli inventaariotietojen kerääminen

Prosessitiedon kerääminen on ympäristövaikutusten arvioinnissa erittäin tärkeä vaihe: kattava ja asianmukainen inventaariotieto on arvioinnista saatavien tulosten luotettavuuden lähtökohta. Siksi tiedonkeruu on tehtävä systemaattisesti ja huolellisesti. Tiedot käytetyistä raaka-aineista ja kuljetusmatkoista (tai tavarantoimittajista) saadaan yrittäjiltä.

Arvioitavan tuotteen tai palvelun inventaariotiedot voidaan kerätä käyttäen apuna materiaalitietolomaketta (liite 4). Tuotteen tai palvelun tuotantoprosessi voidaan hahmotella vuokaaviona siten, että kaikki tarvittavat resurssit (mm. materiaalit ja energia), yksikköprosessit, tuotteet ja ympäristövaikutukset (päästöt ja jätteet) huomioidaan (kuva 2). Esimerkiksi eri vaiheissa tarvittavat raaka-aineet, kuljetukset ja sähkön tarve eivät niin helposti unohdu arvioinnista, kun ne kirjataan muistiin vuokaavioon. Lisäksi tapaamisessa tarkistetaan ja tarvittaessa täydennetään materiaalitietolomakkeella olevat inventaariotiedot. Infrastruktuurit, kuten tehdastilojen rakentaminen, koneiden valmistus, jätetään yleensä elinkaariklinikoissa tarkastelun ulkopuolelle. Näiden osuus tuotteiden kokonaisvaikutusten osalta on yleensä vähäinen ja arvioinnin laajentaminen näihin tekijöihin veisi liikaa aikaa. Kuvassa 2 on esimerkki vuokaaviosta pöydän valmistukseen liittyen sekä taulukossa 1 on esitetty samaan esimerkkiin liittyvät materiaalitiedot.

Inventaariotiedot liitetään elinkaaritietokantojen sisältämiin vaikutusarviointitietoihin. Käytännössä hyödynnetään siis elinkaaritietokannoista saatavia eri raaka-aineiden valmistuksen ja käsittelyn keskimääräisiä vaikutusarviointitietoja. Tällä tavoin tiedonkeruu saadaan toteutettua tehokkaasti ilman että yritykseltä vaadittava työpanos kasvaa kohtuuttomaksi. Nämä tiedot ovat tarkistettuja ja pohjautuvat aiemmin (yleensä ulkomailla) tehtyihin elinkaaritarkasteluihin. Arvioinnin luotettavuus heikkenee jonkin verran kun arvioinnin tukena käytetään sekundäärisiä tietolähteitä, mutta tulokset antavat kuitenkin tietoa tuotteen tai palvelun merkittävimmistä ympäristövaikutusten lähteistä. Poikkeuksena ovat maantieteellisesti merkitsevästi eroavat prosessit, kuten sähkön- ja lämmöntuotanto, joita on suotavaa muokata aina tapauskohtaisesti paremman tarkkuuden saavuttamiseksi. Elinkaaritietokannat ovat myös epätäydelliset, eikä niistä löydy joka ikistä tuotetta tai prosessia eikä kaikkia ole kohdennettu maantieteellisesti. Tämän vuoksi ulkopuolisten lähteiden käyttöä ei voi aina välttää.





**Kuva 2.** Yksinkertaistettu prosessikaavio mallintamisen tueksi (esimerkki).

**Taulukko 1.** Pöydän tuotantoon ja pakkaamiseen (kuvitteellinen yritys Pöytä Oy) liittyvät materiaalitiedot (esimerkki).

Raaka-aine/ osaprosessi	Määrä	Alkuperä/kuljetustarve
Muovi (korkeatiheksinen polyeteeni, PE-HD)	1,0 kg	500 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Ruiskuvalu	1,0 kg	
Maali	0,05 kg	Tikkurilan maalitehdas – Joensuu, 400 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Alumiini (kiinnityslevyt)	0,1 kg	Kiina-Joensuu Laiva (RoRo-alus, Sanghai-Hampuri, 19850 km) ja maantiekuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km), puoliperävaunuyhdistelmä
Alumiinin muotoilu	0,1 kg	
Teräs (ruuvit)	0,0025 kg	Kiina - Joensuu Laiva (RoRo-alus, Sanghai-Hampuri, 19850 km) ja maantiekuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km), puoliperävaunuyhdistelmä
Teräksen muotoilu	0,0025 kg	
Pahvi (pakkaus)	0,9 kg	200 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Muovipussi (muovikalvo)	0,012 kg	20 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Sähkö (ruiskumaalaus ja ruuvaus)	509 Wh +53,3 Wh = 562,3 Wh	Perussähkö, keskijännite. Esimerkiksi ruuvauksen tehonkulutus: teholtaan 800 W ruuviväännintä käytetään 4 minuutin ajan eli $800/60 \cdot 4 = 53,3$ Wh
Lämmitys	50 kWh	Kaukolämpö. Yritys valmistaa 1000 pöytää vuodessa ja kaukolämpölasku on yhteensä 50 000 kWh, jolloin yhdelle pöydälle allokoidaan lämmityksen osuudeksi 50 kWh.
Kuljetukset	$1 \cdot 500 + 0,05 \cdot 400 + 0,1 \cdot 1865 + 0,0025 \cdot 1865 + 0,9 \cdot 200 + 0,012 \cdot 20 = 891,4025$ g*km	Maantiekuljetus: puoliperävaunuyhdistelmä, EURO5, täysi kuorma
	$0,1 \cdot 19850 + 0,0025 \cdot 19850 = 2034,625$ kg*km	Merikuljetus: RoRo-alus

#### 4.4.3 Kuljetukset

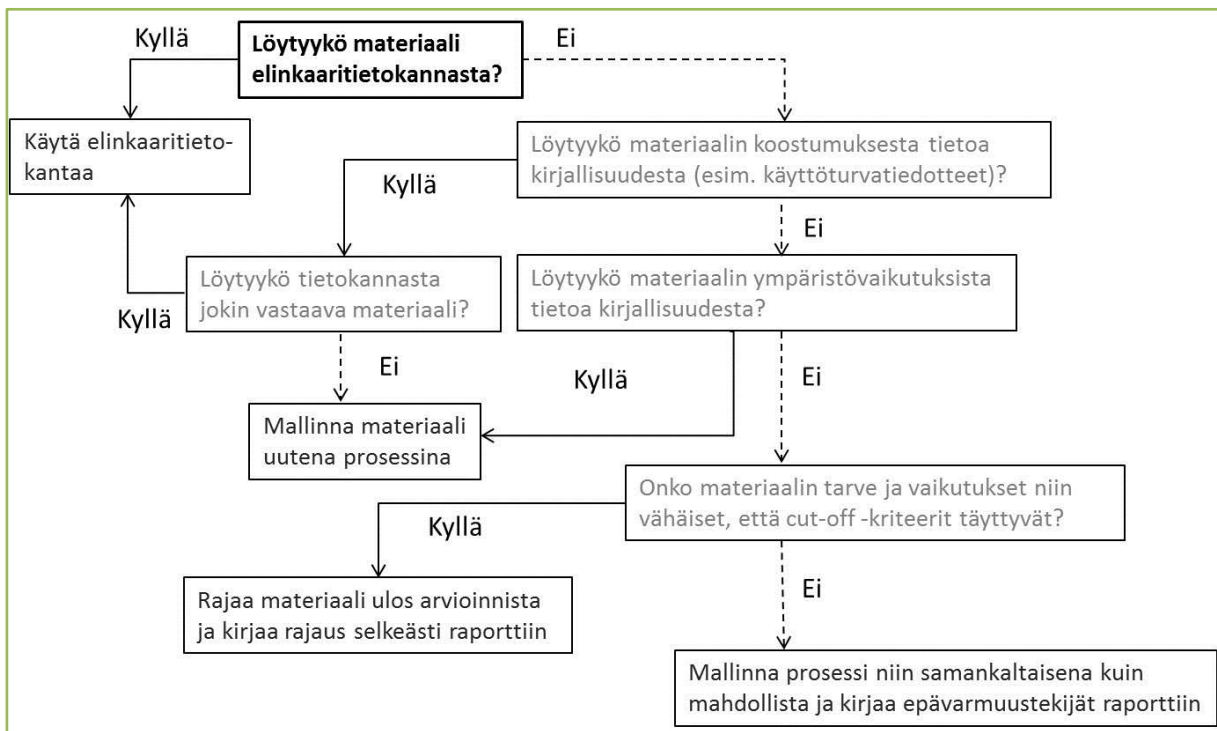
Yrittäjät eivät aina pysty arvioimaan raaka-aineiden kulkemia matkoja kokonaisuudessaan, sillä materiaalit tulevat yleensä alihankkijoiden ja tukkureiden kautta. Näissä tapauksissa kuljetusmatkoina voidaan käyttää tukun ja yrityksen välistä etäisyyttä.

Kuljetusreittien ja -etäisyyksien arviointiin on olemassa erilaisia reittilaskureita, tieliikenteelle esimerkiksi Fonectan reittihaku (Fonecta.fi 2017) tai Google Maps (Google 2017). Meriliikenteelle Sea distances (Seadistances.org 2019, ilmainen) (Searoutes (Searoutes.com, ilmainen, vaatii kirjautumisen) MarineTraffic (MarineTraffic.com 2019, maksullinen) nopeuttavat tiedonkeruuta satamien välisissä matkoissa. Joissakin laskureissa matkat ilmoitetaan merimaileina eli meripeninkulmina, jotka tulee muuttaa kilometreiksi (yksi meripeninkulma on 1,862 kilometriä). Lisäksi eri merireittihakukoneiden matkoissa on eroja, ja kannattaakin tarkastaa, että niiden näyttämä matka on relevantti.

Mallinnuksen yksinkertaistamiseksi kuljetukset voidaan arvioida raaka-aineittaisen jaottelun sijaan ajoneuvokohtaisesti, toisin sanoen summata raaka-aineittaiset tonni\*kilometrit määrät yhdeksi kuljetusprosessiksi (ks. Taulukon 1. alaosa). Tämän laskentatavan myötä pystytään arvioimaan kuljetusten osuutta ympäristövaikutuksista, joskin yksittäisten raaka-aineiden kokonaisvaikutuksen (sisältäen hankinta/tuotanto ja kuljetus) arviointi vaikeutuu. Jos yritys on kiinnostunut selvittämään yksittäisten raaka-aineiden hankinnan/tuotannon ja kuljetuksen osuutta kokonaisympäristövaikutuksista, mallinnus tulee tehdä käyttäen raaka-aineen hankinnan/tuotannon ja kuljetuksen sisältäviä osaprosesseja kullekin raaka-aineelle erikseen. Koska kuljetusten vaikutus tuotteen koko elinkaaren aikaisista vaikutuksista on yleensä pieni (Niemistö ym. 2017), on useimmiten yksinkertaisempaa yhdistää ajoneuvokohtaiset kuljetusprosessit. Jos tulosten perusteella näyttää, että kuljetusten osuus on merkittävä, voidaan kuljetusprosessit tarvittaessa arvioida raaka-ainekohtaisesti. Tätä tietoa voidaan hyödyntää myös ympäristövaikutuksia pienentävien toimenpiteiden suunnittelussa (esim. voisiko yritys hyödyntää paikallisia raaka-aineita tai vaatia toimittajalta tiettyjä kuljetustapoja). Kuljetusten mallintamisesta lisää kappaleessa 4.5.1.

#### 4.4.4 Materiaalit

Kuvassa 3 on esitetty kaavio materiaalitietojen valinnan tueksi. Etenkin heterogeeniset ja harvinaisemmat raaka-aineet kuten erikoiskemikaalit eivät useinkaan ole saatavilla elinkaaritietokannoissa. Tällöin kannattaa ensisijaisesti etsiä lisätietoa kyseisen materiaalin tuotenimen avulla ja selvittää, löytyykö materiaalille esimerkiksi ympäristöseloste (Environmental Product Declaration, EPD), tai käyttöturvatiedotteista tarkempaa tietoa materiaalin koostumuksesta. EPD:n löytyessä materiaali voidaan arvioida siitä saatavien tietojen pohjalta omana prosessinaan. Materiaalin sisällyttämisen arviointiin voi tehdä myös mallintamalla sen pääkomponentit yhtenä prosessina, tai tutkia löytyykö tietokannoista jokin mahdollisimman samantyyppinen materiaali. Materiaalin poisjättäminen on mahdollista vain jos sen aiheuttamat ympäristövaikutukset voidaan arvioida vähäisiksi. Yleensä elinkaariarvioinnissa pyritään sisällyttämään vähintään 95 % arvioitavan tuotteen tai prosessin ympäristövaikutuksista (cut-off rule). **Raportoinnin yhteydessä on muistettava mainita jos on tehty yksinkertaistuksia tai muita muutoksia, tai jos on jätetty jokin materiaali kokonaan arvioinnin ulkopuolelle.**



Kuva 3. Päätöskaavio materiaalivalintojen ja mallinnuksen tueksi.

#### 4.4.5 Ympäristövaikutusten kohdentaminen

Ympäristövaikutusten kohdentaminen, eli allokaatio, on elinkaariarvioinnissa olennaista, mutta usein haasteellista käytännössä ja/tai menetelmällisesti. Käytännön ongelmaesimerkinä voi käyttää sähkön- ja lämmönkulutusta. Usein yrityksen tiloissa valmistetaan useita erityyppisiä tuotteita, mutta kunkin tuotteen valmistamiseen kuluva sähkö- ja lämpöenergian määrää ei arvioida erikseen. Sähkönkulutusta voi tällaisissa tapauksissa arvioida huomioimalla tuotteen valmistamiseen tarvittavien laitteiden käyttöajat ja sähkötehot. Jos tämä ei ole mahdollista, voidaan koko vuoden sähkönkulutus allokoida yksittäiselle tuotteelle jakamalla kulutus valmistettujen tuotteiden määrällä. Tämä on hyvä tapa, mikäli valmistetaan suhteellisen samantyyppisiä tuotteita.. Kohdentaminen esimerkiksi painon, tilavuuden, tai muun ominaisuuden mukaan on myös mahdollista. Tämän tyyppiset allokoinnit sisältävät väistämättä suuria yleistyksiä ja ovat merkittäviä virhelähteitä. Tästä syystä raporttiin tulisi tarkasti kirjata tehdyt oletukset ja tarvittaessa pyytää yrittäjältä tarkennuksia.

Metodologisen haasteen allokoinnille voi esimerkiksi aiheuttaa tuotanto, jossa samasta raaka-aineesta tuotetaan eripainoisia tuotteita. Tällöin vaikutuksia voidaan allokoida helpoiten massan mukaan, mutta tämä ei ole välttämättä perusteltua jos yritys kevyempi tuote on taloudellisesti arvokkaampi ja koko tuotanto perustuu nimenomaan sen tuotantoon. Tällöin voidaan pohtia allokointia taloudellisen arvon mukaan. Myös sivu- ja jätevirtojen määrät saattavat vaihdella tuotteiden kesken ja nekin tulisi huomioida allokoidaessa päästöjä tuotteiden kesken.

#### 4.4.6 Veden lämmitys

Joidenkin tuotteiden (esimerkiksi juomateollisuudessa ja pesuvaiheita vaativassa tuotannossa) valmistuksessa tarvitaan paljon lämmintä vettä. Veden lämmittämiseen kuluva lämpöenergia saadaan laskettua veden ominaislämpökapasiteetin (4,19 kJ/kg\*°C) avulla: Esimerkiksi jos 500 litraa (kiloa) 10-asteista vettä lämmitetään 100-asteiseksi, on lämmitystarve 90 °C. Tarvittava lämpöenergia on tällöin 4,19 kJ/kg\*°C \* 500 kg\* 90°C = 188 550 kJ. Edelleen, kJ = 0,00027778 kWh, joten 188 550 kJ = 52,375 kWh. Todellisuudessa luku on hieman suurempi energiahäviöiden vuoksi.

## 4.5 Prosessin mallintaminen ja keskeisten ympäristövaikutusten laskenta

Vuokaavion ja kerättyjen prosessitietojen perusteella prosessi voidaan mallintaa LCA-ohjelmiston ja erilaisten materiaalitetopankkien avulla. Mallinnus ja ympäristövaikutusten arviointi LCA-ohjelmiston avulla sisältää käytännössä ainakin seuraavat vaiheet (kuva 4):

- lisätään prosessiin liittyvät resurssivirrat (mm. raaka-aineet, vesi, energia) malliin,
- kohdennetaan resurssivirtojen määrät (esim. kg, m<sup>3</sup>, kWh) toiminnallisen yksikön suhteen,
- valitaan vaikutusarviointimenetelmä, ja
- valitaan arvioitavat vaikutusindikaattorit (esim. ilmastonmuutokseen liittyvät vaikutukset).

**Inputs/Outputs: Esimerkki\_Pöytä**

Inputs			
Flow	Category	Amount	Unit
F <sub>2</sub> polyethylene, high density, granula...	201:Manufacture of basic ...	1.00000	kg
F <sub>2</sub> steel, low-alloyed - RER	241:Manufacture of basic i...	0.00250	kg
F <sub>2</sub> wire drawing, steel - RER	241:Manufacture of basic i...	0.00250	kg
F <sub>2</sub> packaging film, low density polyet...	222:Manufacture of plastic...	0.01200	kg
F <sub>2</sub> alkyd paint, white, without solvent,...	202:Manufacture of other ...	0.05000	kg
F <sub>2</sub> aluminium, cast alloy - GLO	242:Manufacture of basic ...	0.10000	kg
F <sub>2</sub> metal working, average for alumin...	25:Manufacture of fabricat...	0.10000	kg
F <sub>2</sub> corrugated board box - RER	170:Manufacture of paper ...	0.90000	kg
F <sub>2</sub> Heat, district heating	_SYKE	1.00000	kWh
F <sub>2</sub> injection moulding - RER	222:Manufacture of plastic...	1.00000	kg
F <sub>2</sub> polyethylene, low density, granulat...	201:Manufacture of basic ...	1.00000	kg
F <sub>2</sub> electricity, medium voltage - FI	351:Electric power genera...	562.30000	Wh
F <sub>2</sub> Transport, semi trailer, 40 t	_SYKE	1*500+0.05*400+0.1*1865+0.0025*1865+...	kg*km
F <sub>2</sub> Transport, RoRo	_SYKE	0.1*19850+0.0025*19850	kg*km

Outputs			
Flow	Category	Amount	Unit
F <sub>2</sub> Pöytä		1.00000	Item(s)

**Kuva 4.** Esimerkki prosessin mallinnuksesta (OpenLCA-ohjelmiston avulla): resurssivirtojen lisääminen.

Elinkaaritietokantojen rakenteen vuoksi prosessitiedot tulee joissakin tapauksissa syöttää tietyssä yksikössä LCA-ohjelmiin. Esimerkiksi puuraaka-aineet syötetään pääasiassa tilavuutena, mutta kuljetukseen puolestaan tarvitaan massaetäisyydet (esim. t\*km). Yksikkömuunnoksiin tarvitaan eri puolajien tiheystietoja (saatavilla esimerkiksi Puuinfo Oy). Yksikkömuunnokset on syytä tehdä huolellisesti, sillä laskennassa tulee helposti virheitä.

### 4.5.1 Kuljetusten mallintaminen

Kuljetusten päästölaskennan osalta voidaan hyödyntää esimerkiksi Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n (2019) tuottamaa Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTOa, josta löytyy päästötietoja erilaisille ajoneuvoille niin tie-, raide-, vesi- kuin ilmakuljetuksiinkin. Ne sisältävät muun muassa erikokoisten ja -ikäisten rekkojen päästöjä EURO-luokittain jaoteltuna. Päästötietojen ja tiedetyn ajoneuvon koon perusteella voidaan mallintaa kuljetusprosessit, joita käytettiin elinkaariklinikoissa. Maanteillä tapahtuvan tavaraliikenteen osalta voi hyödyntää maantieajon päästöjä ja kaupunkiliikenteessä puolestaan jakeluautolle ilmoitettuja katuajon päästöjä. Merikuljetukset (Lipastossa MEERI-tietokanta) voi mallintaa joko RoRo (Roll on – roll of) -aluksen tai konttialuksen (1000 tai 2000 TEU-kokoluokka) päästöjen mukaan. Konttialuksen päästöt ovat kuljetettua tonnia kohden pienemmät suuremman kapasiteetin vuoksi, mutta valinta alustyyppien välillä ei ole aina selvää, sillä rahtia liikkuu molemmin tavoin. Mikäli yrittäjän raaka-aineet tulevat tukkuvaraston kautta eikä tarkempaa valmistajaa ole tiedossa, voi yksinkertaistuksen vuoksi kuljetusmatkana käyttää tukkuvaraston ja

yrittäjän välistä etäisyyttä. Huomaa, että MEERI-tietokanta käsittää matkat meno-paluuna, eli mikäli tarkoitus ei ole huomioida paluumatkaa, tulee tietokannan päästö puolittaa.

Kuljetuksen päästöjen arviointiin liittyen elinkaariarvioinnissa käytetään yleisesti painorajoitteista lähestymistapaa eli inventaariodata (päästötiedot) keskimääräiselle kulkuneuvolle keskimääräisellä lastauksella ilmaistaan tonni-kilometreinä (t\*km). Inventaariodata kerrotaan arvioitavan tuotteen massalla ja kuljetusmatkalla (esim. taulukko 1 tai kuva 4). Lähestymistapa ei huomioi kuljetettavan materiaalin tilavuutta, mistä saattaa aiheutua virhettä, etenkin jos materiaali on kevyttä mutta vie paljon tilaa. Tilavuustekijä voidaan huomioida käyttämällä LIPASTOn päästötietoja esim. 50 % kuormalla, jos arvioitava tuote on kevyt mutta suurikokoinen. LIPASTOn päästökertoimet ovat lineaariset rahdin suhteen, joten muutoksia on tarvittaessa helppo laskea. Joissain tapauksissa voi olla tarpeen arvioida kuljetusten vaikutukset kilometreissä. Esimerkiksi henkilöautolla suoritettavat kuljetukset mallinnettiin yksinkertaisuuden vuoksi kertomalla LIPASTOn ominaispäästötiedot (g CO<sub>2</sub>-ekv./km) ajatulla matkalla.

Traktorien ja muiden työkoneiden päästölaskenta voidaan tehdä joko tehonkäytön (ominaispäästöt g/kWh) tai polttoaineen kulutuksen mukaan (g/l), riippuen onko työtehtävään tai kuljetukseen tarvittava ajoaika vai traktorin tarvitsema polttoaineen kulutus tiedossa. Ominaispäästöt traktorille ja muille työkoneille löytyvät LIPASTOn osana olevan TyKo-tietokannan kohdasta muut koneet (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017).

#### 4.5.2 Materiaalit

Elinkaaritietokannoissa on saatavilla paljon vaikutusarviointitietoa yleisimmistä materiaaleista. Esimerkiksi kuparin vaikutusarviointista on Ecoinvent 2.0 -tietokannassa saatavilla useita vaihtoehtoja (taulukko 2). Materiaalitietojen valinnoissa on tarkistettava missä maassa kyseinen prosessi on mallinnettu, sillä esimerkiksi energiankulutus ja käytetyt energialähteet vaihtelevat eri maissa ja vaikuttavat siten erityisesti raaka-aineiden ilmastovaikutuksiin. Ecoinventissä lyhenne GLO tarkoittaa, että kyseinen prosessi kuvaa kaikkien maiden keskimääräistä tietoa. Joistain prosesseista on saatavilla Suomi-kohtaista tietoa (lyhenne FI), mutta käytännössä on useimmiten hyödynnettävä koko Eurooppaa koskevia tietoja (lyhenne RER). Mallinnuksessa on oltava huolellinen, ettei eurooppalaisten materiaalien kohdalla hyödynnetä esimerkiksi Aasiassa (CN=Kiina) mallinnettuja prosesseja. Näissä maissa tuotantoprosessit ovat usein hyvin erityyppisiä, ja prosessien hyödyntäminen elinkaariklinikoissa johtaa todennäköisesti virheellisiin tuloksiin. Lisäksi tulee tarkistaa milloin kyseinen prosessi on päivitetty sillä vanhentuneita tietoja tulee välttää. Useimpien tuotantoprosessien tehokkuus on parantunut viime vuosien aikana, jolloin vanhojen tietojen käyttö voi johtaa ympäristövaikutusten yliarviointiin. Tietokantoja päivitetään ja laajennetaan aktiivisesti ja tarkkuus paranee jatkuvasti, mutta kaikkien prosessien tiedot eivät päivity jokaisella päivityskerralla. Tämän vuoksi tietokannan päivitys ei välttämättä vastaa mallinnetun prosessin päivitystä ainakaan kaikilta osin. Tietokannoista on prosessikohtaisesti nähtävillä minkä ajanjakson tietoihin kyseinen prosessi perustuu.

Useat yritykset hyödyntävät tuotannossaan kierrätettyjä materiaaleja. Esimerkiksi metallit ovat yleensä kierrätettyjä. Koska neitseellisen (eli primäärisen) ja kierrätetyn (sekundäärisen) raaka-aineen vaikutukset poikkeavat usein huomattavasti toisistaan, tulisi käyttää vaikutusarviointitietoja sellaisista raaka-aineista, joissa kierrätysprosentti vastaa yrittäjän käyttämää raaka-ainetta. Metallin valmistaminen neitseellisestä raaka-aineesta kuluttaa enemmän energiaa kuin kierrättäminen, jolloin myös ympäristövaikutukset ovat kierrätetyllä raaka-aineella pienemmät. Esimerkiksi sekundäärisen lyijyn ympäristövaikutukset ovat selkeästi pienempiä kuin primäärisen lyijyn (taulukko 3). Jos yrittäjä ei tiedä mikä on kierrätetyn raaka-aineen osuus heidän tuotteissaan, voidaan käyttää tietoa keskimääräisestä kierrätysosuudesta. Elinkaaritietokannoissa on jonkin verran tietoja yleisimpien kierrätettyjen raaka-aineiden vaikutuksista. Tiedot kierrätyksen osuudesta löytyvät joko prosessin otsikosta, kuvauksesta, tai sen voi katsoa prosessiin tulevista virroista (inputs).

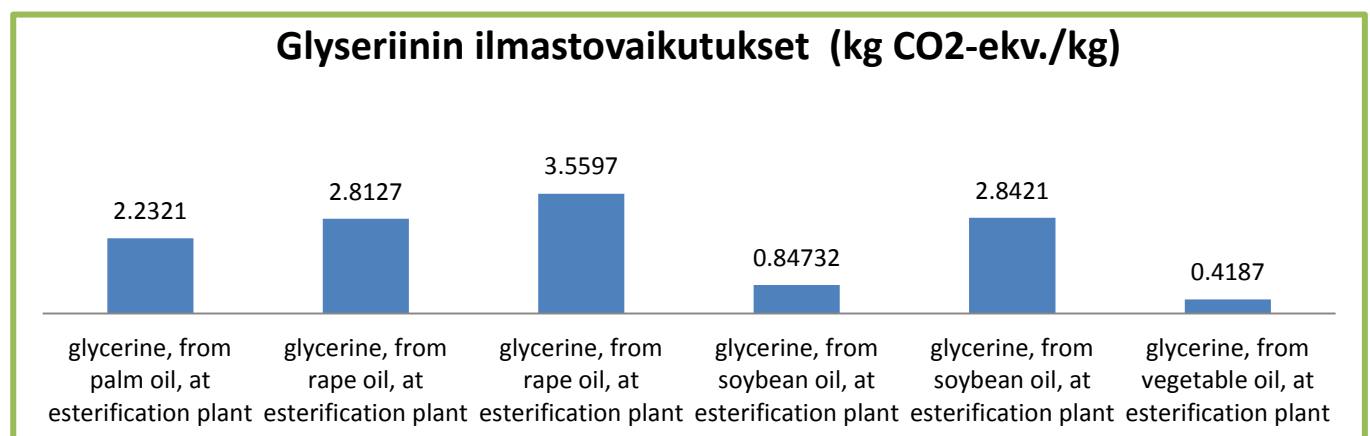
**Taulukko 2.** Kuparin vaikutusarviointiin on saatavilla useita tuotantoprosesseja sekä primääriselle että sekundääriselle kuparille sekä eri tuotantomaille. Myös yksiköt on tarkistettava, tässä esimerkissä vaikutusarviointitieto on ilmoitettu kaikissa vaihtoehdoissa kuparikiloa kohden (Lähde: Ecoinvent 2.0 tietokanta).

Dataset-ID	Name	Location	Unit
1084	copper, primary, at refinery	GLO	kg
1085	copper, primary, at refinery	RNA	kg
1086	copper, primary, at refinery	RLA	kg
1087	copper, primary, at refinery	RER	kg
1088	copper, primary, at refinery	RAS	kg
1139	copper, primary, at refinery	ID	kg
1089	copper, primary, couple production nickel	GLO	kg
1090	copper, primary, from platinum group metal production	ZA	kg
1091	copper, primary, from platinum group metal production	RU	kg
1092	copper, secondary, at refinery	RER	kg
8140	copper, secondary, from electronic and electric scrap recycling, at refinery	SE	kg

**Taulukko 3.** Primäärinen lyijyn ympäristövaikutukset (neljän ympäristövaikutusluokan osalta) ovat selvästi suuremmat kuin sekundäärinen lyijyn. Lähde: Ecoinvent 2.0.

			agricultural land occupation	climate change	fossil depletion	freshwater ecotoxicity
			m <sup>2</sup> a	kg CO <sub>2</sub> -Eq	kg oil-Eq	kg 1,4-DCB-Eq
Name	Location	Unit	Mean Value	Mean Value	Mean Value	Mean Value
lead, primary, at plant	GLO	kg	0,072677	2,1173	0,49546	0,082115
lead, secondary, at plant	RER	kg	0,018981	0,65172	0,20774	0,011526

Jos sopivalta vaikuttavia vaihtoehtoja on useita, voidaan eri vaihtoehtojen merkitystä lopputuloksen kannalta arvioida niiden vaikutuksia vertailemalla. Esimerkiksi glyseriinin ilmastovaikutukset (kuva 5) vaihtelevat suuresti raaka-aineesta riippuen. Mikäli arvioitavassa tuotteessa käytetään runsaasti glyseriiniä, tulisi sen raaka-aine selvittää mahdollisimman tarkasti. Jos eri vaihtoehtojen vaikutukset eivät merkittävästi eroa toisistaan, ei raaka-ainekoostumuksen tarkentamisella ole merkitystä tulosten kannalta.



**Kuva 5.** Esimerkiksi glyseriinin ilmastovaikutukset vaihtelevat suuresti riippuen raaka-aineesta (palmuöljy, rapsi, soijapapu ja kasvisöljy), joten oikean prosessin valinnalla on merkitystä tulosten luotettavuuden kannalta (Lähde: Ecoinvent 2.0).

### 4.5.3 Yksikköprosessit

Raaka-aineita prosessoidaan eri tavoin tuotteiksi, esimerkiksi muoveja voidaan tuotteesta riippuen muun muassa ruiskuvalaa, puhallusmuovata tai kalanteroida (Muoviteollisuus ry). Mallinnuksessa voidaan tilanteen mukaan käyttää yrityksen omia prosessitietoja (esimerkiksi ruiskuvalun sähkönkulutuksen kautta) tai elinkaaritietokantojen valmiita yksikköprosesseja. Tietokantojen sisältämien yksikköprosessien sisältö tulee tarkistaa ennen käyttöä, jotta vältetään kaksoislaskennalta. Esimerkiksi, jos ruiskuvalu sisältää myös muoviraaka-aineen valmistuksen, ei sitä tule lisätä erikseen uutena materiaalivirtana toisen prosessin kautta. Taulukossa 4 on esitetty erilaisia metallien prosessointiin liittyviä yksikköprosesseja Ecoinvent-tietokannassa. Niistä nähdään suuria eroja eri metallien välillä.

**Taulukko 4.** Esimerkiksi metallien prosessointi kuluttaa paljon energiaa, minkä vuoksi ilmastovaikutukset ovat suuria (Lähde Ecoinvent 2.0).

					kg CO2-Eq ReCiPe Midpoint (H) climate change
Name	Location	Unit	Ecocat	Ecosubcat	MeanValue
powder coating, aluminium sheet	RER	m <sup>2</sup>	metals	processing	3,7809
powder coating, steel	RER	m <sup>2</sup>	metals	processing	4,5707
section bar extrusion, aluminium	RER	kg	metals	processing	1,0295
section bar rolling, steel	RER	kg	metals	processing	0,19737
sheet rolling, aluminium	RER	kg	metals	processing	0,60447
sheet rolling, chromium steel	RER	kg	metals	processing	0,55595
sheet rolling, copper	RER	kg	metals	processing	0,35337
sheet rolling, steel	RER	kg	metals	processing	0,35634

Raaka-aineiden ympäristövaikutukset vaihtelevat riippuen sisällytetäänkö arviointiin tuotteen koko elinkaari (kehdosta hautaan, cradle-to-grave) vai rajataanko jokin osa elinkaarta arvioinnin ulkopuolelle. Sopiva rajauspiste on usein tapauskohtainen ja voi olla esimerkiksi tuotteen valmistus tehtaan lähtöportille asti tai kuluttajalle saakka vietyä. Jos tuotteen elinkaaren lopussa tiedetään tulevan suurin osa päästöistä, kuten raskasta polttoöljyä käytettäessä (taulukko 5), on parasta rajata arvio elinkaaren päähän asti. Toisaalta, tarkastelua voi rajata myös alkupäästä, eli jättää raaka-aineen tuotannon huomioimatta ja arvioida vain kuljetusten ja tehtaalla aiheutuvien päästöjen suuruudet. Tämä on perusteltua, jos halutaan tarkastella vain tiettyä toiminnan osaa. Yhtä kaikki, toteutettiin rajaaminen tavalla tai toisella, on se kirjattava selkeästi esiin. Elinkaariklinikoissa käytettiin yleensä kehdosta-portille rajausta, eli tuotteen kuljettamista kuluttajalle ja tuotteen hävittämisen ympäristövaikutukset rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Tämä on sikäli tarkoituksen mukaista, että valmistaja ei läheskään aina pääätä tuotteen elinkaaren mittaa eikä hävittämistä, vaan sen tekee kuluttaja päättäessään luopua hankkimansa hyödykkeen.

**Taulukko 5.** Polttoöljyn ilmastovaikutukset jalostamolla, varastolla sekä polton aikana sekä koko elinkaaren aikaiset päästöt (mukaan lukien poltto) (Lähde Ecoinvent 2).

GWP100 kg CO2-Eq ReCiPe Midpoint (H) climate change			
Name	Location	Unit	
heavy fuel oil, at refinery	RER	kg	0,4268
heavy fuel oil, at regional storage	RER	kg	0,45141
heavy fuel oil, burned in refinery furnace	RER	kg	3,5518

#### 4.5.4 Materiaalitietojen lisääminen/mallintaminen itse

Toisinaan elinkaaritietokannoista ei löydy tarvittavia materiaalitietoja, vaikka esimerkiksi kankaiden koostumuksessa eri kuitujen osuudet vaihtelevat. Myös metalliseoksia on usein mallinnettava itse. Tätä varten useimmissa LCA-ohjelmissa prosesseja voi tehdä itse kokoamalla raaka-aine- ja energiankäyttötiedot (kuva 6). Prosessiin tulee lisätä tai muuttaa tarvittavat raaka-aineet sekä energia.

Process: elastane fibre production, per kg			
<b>Inputs</b>			
Flow	Category	Amount	Unit
F <sub>e</sub> electricity, medium voltage - RoW	351:Electric power generation...	4.90000	kWh
F <sub>e</sub> dimethylacetamide - GLO	201:Manufacture of basic che...	0.02000	kg
F <sub>e</sub> lubricating oil - RER	192:Manufacture of refined p...	0.06000	kg
F <sub>e</sub> polyurethane, flexible foam - RER	201:Manufacture of basic che...	1.00000	kg
<b>Outputs</b>			
Flow	Category	Amount	Unit
F <sub>e</sub> elastane fibre production, per kg		1.00000	kg

Kuva 6. Materiaalitietojen lisääminen itse, openlca.

Metallien osalta elinkaariklinikoissa tämä tehtiin siten, että valittiin lähin haluttua metalliseoslaatua vastaava prosessi ja muokattiin sen sisällä seoksen metallien määrät. Näin varsinainen prosessi energian käyttöineen säilyi metalliosuuksia lukuun ottamatta muuttumattomana. Tämä tuskin on aivan erheetön tapa, mutta mahdollistaa seosten mallintamisen ilman syvää metallialan tuntemusta. Metallit ovat myös yksi Ecoinvent tietokantojen (versio 3.5 ja alemmat) suurimmista heikkouksista niin laadun kuin laajuutensa osalta, usein ilmeisestikin yliarvioiden päästöjä. Tämä laatuongelma on kirjattu myös joihinkin Ecoinventin prosessikuvauksiin. Esimerkiksi vuosien 2017–2019 – hankkeessa kansainväliseltä molybdeeniyhdistykseltä (IMOA) saatu päivitetty, ISO-standardin mukainen päästötieto alensi päästöjä huomattavasti verrattuna Ecoinventin vanhoihin arvioihin. Alan asiantuntijoita onkin hyvä konsultoida mahdollisuuksien mukaan, mikäli jokin asia tietokannoissa on epäselvää. Tehdyt muutokset ja oletuksen on jälleen kirjattava selkeästi esiin raporttiin.

#### 4.5.5 Sähkö ja lämpö

Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen laskennassa voidaan käyttää esimerkiksi Tilastokeskuksen ilmoittamaa keskimääräistä, viiden vuoden liukuvana keskiarvona laskettua CO<sub>2</sub>-päästökerrointa, joka tilastovuoden 2016 mukaisesti on 164 kg/MWh (Motiva 2019). Sähköntuotannon ilmastovaikutukset vaihtelevat vuosittain riippuen muun muassa käytettyjen energiaraka-aineiden määrästä sekä tuontisähkön osuudesta (Ympäristö 2019).

Uusiutuviin energialähteisiin pohjautuva vihreä sähkö mielletään usein ilmastovaikutuksiltaan neutraaliksi, mutta elinkaariset vaikutukset (esimerkiksi raaka-aineen hankinta ja kuljetus) tulisi huomioida ilmastovaikutuksen laskennassa. Vihreän sähkön elinkaariset ilmastovaikutukset ovat noin 4–46 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh (esim. Raadal ym. 2011), kun puolestaan uusiutumattomien energialähteiden vaihteluväli on 469–1001 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh (IPCC 2011). Näihin lukuarvoihin ei kuitenkaan ole sisällytetty maankäytön ilmastovaikutuksia. Vuosien 2015–2017 aikana toteutetuissa elinkaariklinikoissa käytettiin vihreän sähkön tuotannon päästöinä 24 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Schlömer ym. 2014). Uusiutuvan energian päästöistä eri tuotantomuodoille, laskentatavasta ja muista oletamista ei olla tutkijoiden kesken yksimielisiä (Raadal ym. 2011), minkä vuoksi vuosina 2017–2019 toteutetuissa klinikoissa uusiutuva energia laskettiin yksinkertaisuuden vuoksi hiilineutraaliksi.

Lisäksi asetus LULUCF-vaikutusten (Land Use, Land Use-Change and Forestry eli maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous) laskennasta ja vertailutason asettamisesta vahvistettiin vuoden 2018 alussa (MMM 2019). Siinä sovittiin hiilinielut sekä metsien- että maankäytöstä aiheutuvien kasviuonekaasupäästöjen huomioimisesta EU:n ilmastotavoitteissa vuoteen 2030 asti. Metsien käytön osalta EU-maiden tuli toimittaa komissiolle asetuksen



kriteerien mukaan asetetut vertailutasot, jotka pohjautuvat vuosien 2000–2009 metsien hoitoon ja käytäntöjen jatkumiseen alkavalla velvoitekaudella. Maiden ilmoittamat vertailutasot arvioidaan vuoden 2019 aikana ja vahvistetaan vuonna 2020 (MMM 2019). Tämän ohjeen kirjoittamishetkellä LULUCF-prosessi on edelleen kesken. LULUCF-sääntöjen sisällyttäminen arviointeihin tulee todennäköisesti muuttamaan esimerkiksi puuenergian laskennallisia ilmastovaikutuksia.

Lämmityksen ilmastovaikutukset riippuvat lämmitystavasta. Useilla yrityksillä on käytössään kaukolämpö. Suurin osa Suomen kaukolämmöstä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantona. Motiva (2019) ylläpitää ja päivittää kaukolämmön (sekä lämmön erillistuotanto että lämmön ja sähkön yhteistuotanto) CO<sub>2</sub>-päästökertoimia. Lämmöntuotannon kertoimia ei kuitenkaan tulisi käyttää ensisijaisena päästökertoimena, koska keskiarvo vääristyy muun muassa pääkaupunkiseudun hiilivoiman vuoksi. Sen vuoksi arvioitavan kohteen käyttämän lämmön tuotantomuoto tulisi selvittää ja hyödyntää elinkaariklinikoissa. Lämmöntuotantotapojen osalta laskennan tukena voidaan käyttää Tilastokeskuksen polttoaineluokitusta, joka sisältää polttoaineiden oletuslämpöarvot ja päästökertoimet laskennan tueksi (Tilastokeskus 2019). Haasteellisempaa voi olla löytää oikea päästötieto energiantoimittajan sivuilta. Esimerkkinä toimii myös Varkaus, jossa lämpöä tulee sekä jätteenpolttolaitokselta (sisältää kasvihuonekaasupäästöjä) että kartonkitehtaalta (puu). Varkauden aluelämmön mukaan kartonkitehtaan välittömässä läheisyydessä olevalle kohteelle on perusteltua olettaa lämmön tulevan kartonkitehtaalta, eli hiilineutraaliksi. Toinen tapa on käyttää laitosten osuuksia koko kaupungin lämmöstä ja laskea keskimääräinen päästökerroin koko kaupungille. Laskentatavan ero on suuri, mutta sen merkitys arvioitavalle tuotteelle riippuu tapauksesta. Varkauden tapauksessa päästökerroin on nollan ja 115 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh välillä, jos jätelaitos tuottaa noin 80 % ja kartonkitehdas loput 20 % lämmöstä.

Sekä Motivan että Tilastokeskuksen päästökertoimet sisältävät ainoastaan poltosta aiheutuvat suorat CO<sub>2</sub>-päästöt, joten muut kasvihuonekaasupäästöt sekä elinkaariset ympäristövaikutukset eivät sisälly kertoimiin. Nämä kertoimet eivät siis huomioi esimerkiksi raaka-aineiden hankinnasta, kuljetuksesta ja infrastruktuurista aiheutuvia päästöjä. Salo ym. (2019) arvioi polttoöljyn tuotantoketjun päästöjen ja palamisen muiden (kuin hiilidioksidin) kasvihuonekaasujen olevan yhteensä noin 20 % polttoöljyn palamisen ominaispäästöistä. Myös elinkaaritietokannoissa on lämmöntuotannolle määritelty erilaisia ilmastovaikutuksia. Nämä sisältävät koko elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset, mutta ne eivät puolestaan huomioi suomalaista raaka-ainekoostumusta (esimerkiksi uusiutuvien raaka-aineiden osuus), vaan perustuvat usein esimerkiksi keskimääräiseen eurooppalaiseen raaka-ainekoostumukseen. Koska sähkön ja lämmön ilmastovaikutukset ovat osoittautuneet useiden tuotteiden osalta merkittäviksi tekijöiksi, tulisi niiden arviointiin kehittää menetelmä, joka huomioi elinkaariset vaikutukset ja myös LULUCF -sektorin.

#### 4.5.6 Arviointikriteerit (vaikutusindikaattorit)

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan arvioida samanaikaisesti useita erilaisia ympäristövaikutuksia riippuen valituista vaikutusluokista, joita ovat muun muassa

- Happamoituminen (*acidification*), eli luonnon vastustuskyvyn heikkeneminen happamoittavaa laskeumaa vastaan. Happamoituminen aiheutuu rikkidioksidin ja typpiyhdisteiden päästöissä ilmassa, vaikuttaa mm. metsänkasvuun ja vesistöjen pH-tasoon. Happosateet voivat lisäksi vahingoittaa rakennuksia ja muita materiaaleja.
- ilmastonmuutos (*climate change* tai *global warming potential*), eli ilmaston lämpeneminen kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisen vaikutuksesta,
- luonnonvarojen ehtyminen (*natural resources depletion*) joka kuvaa luonnonvarojen käytön määrää),
- maankäyttö (*land use*), eli maankäytön muutosten ala,
- pienhiukkaset (*particulates*), jotka aiheuttavat terveysongelmia kuten keuhko- ja hengityselinsairauksia. Pienhiukkasia muodostuu erityisesti energiantuotannossa, teollisissa prosesseissa ja liikenteen vaikutuksesta,
- rehevöityminen (*eutrophication*), maa- tai vesiympäristön kasvien ja/tai eliöstön lisääntynyt kasvunopeus. Johtuu ravinteiden, lähinnä typen ja fosforin, liiallisesta kulkeutumisesta ekosysteemiin, sekä
- toksisuus: eko- ja humanitoksisuus (*eco and human toxicity*), jotka kuvaavat myrkyllisten aineiden päätymistä ja kertymistä ympäristöön ja ravintoketjuun.

Vaikutusarviointimenetelmiä on useita ja esimerkiksi openLCA:ssa niitä on yli 70 erilaista. Niitä ovat muun muassa AWARE, EDIP, EPS, ILCD, IMPACT 2002+, IPCC GWP, ReCiPe, TRACI, ja USEtox, josta kullekin on muokattuja ja päivitettyjä versioita. Esimerkiksi IPCC GWP keskittyy ilmastonmuutokseen ja siitä on eri useita eri vuosien ja aikavälien versioita. USEtox keskittyy puolestaan toksisuusvaikutuksiin, ja siitäkin on ainakin seitsemän versiota. Vaikutusarviointimenetelmä ja indikaattorit valitaan tarkasteltavien ympäristövaikutusten perusteella, mutta arvioinneissa on hyvä pohtia liittyykö prosessiin myös muita materiaaleja tai päästöjä, jotka tulisi huomioida muiden vaikutusindikaattoreiden kautta. Esimerkiksi, jos tarkastellaan ilmastovaikutuksia, mutta prosessissa syntyy esimerkiksi typpi- tai fosforipäästöjä, tulisi arvioinnissa huomioida myös rehevöityminen.

Vaikutusarviointimenetelmiin liittyy myös ajallinen (tai kulttuurinen) näkökulma. Esimerkiksi ReCiPe-menetelmistä voi valita kolme vaihtoehtoa: Individualist, Hierarchist tai Egalitarian. Käytännön ero näillä on, että Individualist antaa pienimmät, ja Egalitarian suurimmat vaikutukset perustuen ajatukseen vaikutusten keston pituudesta. Joidenkin indikaattoreiden ja/tai näkökulmien välillä ei kuitenkaan ole eroa. Tavallisesti käytetään ReCiPe Midpoint Hierarchist-menetelmää, joka käsittelee esimerkiksi ilmastovaikutukset 100 vuoden kiertoajalle.

Yksinkertaistetun LCA-arvioinnin puitteissa elinkaariklinikoissa keskityttiin lähinnä **ilmastonmuutokseen** liittyviin vaikutuksiin sekä joissakin klinikoissa lisäksi muihin tapauskohtaisesti valittuihin vaikutuskategorioihin. Ilmastonmuutokseen liittyvät vaikutukset esitetään hiilidioksidi-ekvivalenttina (CO<sub>2</sub>-ekv.) eli kaikkien ilmastonmuutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasupäästöjen (esim. hiilidioksidi, metaani, dityppimonoksidi) yhteismitallistettuna summana. Kullakin kasvihuonekaasulla on oma lämmityspotentiaali-kerroin (global warming potential eli GWP-kerroin), joka huomioi kaasujen viipymäajat ilmakehässä sekä kaasujen lämpösäteilyn läpäisyominaisuudet ilmakehässä. Kasvihuonekaasun määrä suhteutetaan hiilidioksidin lämmitysvaikutukseen tietyllä ajanjaksolla (esim. 20 tai 100 vuotta). Esimerkiksi metaanin GWP-kerroin sadan vuoden ajalta kumulatiivisesti laskettuna on 28, eli metaanin lämmitysvaikutus on 28-kertainen hiilidioksidin verrattuna (IPCC AR5). Metaanin karakterisointikerroin on tässä tapauksessa siis 28 ja hiilidioksidin 1. Eri ympäristövaikutusluokissa päästöille ja ympäristövaikutuksille on omat karakterisointikertoimensa, joiden avulla inventaariotiedot voidaan yhteismitallistaa kunkin ympäristövaikutusluokan sisällä. Esimerkiksi makeanveden rehevöitymistä aiheuttavat päästöt yhteismitallistetaan muuttamalla ne fosfori-ekvivalenteiksi ja uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen öljykvivalenteiksi.

Huomaa, että materiaalien ja prosessien luominen ulkoisia tietolähteitä hyödyntäen saattaa aiheuttaa sen, ettei läheskään kaikkia päästöjä, ja siten vaikutusindikaattoreita tulla huomioiduksi. Tällöin arvioinnin voi toteuttaa vain niille vaikutuksille, joiden päästöt ulkoinen tietolähde mahdollistaa. Valitettavan usein tämä tarkoittaa vain ilmastovaikutusten tarkastelua.

#### 4.5.7 Herkkyystarkastelut

Elinkaariarviointi on iteratiivinen prosessi eli tarvittaessa palataan arvioinnissa taaksepäin. Herkkyysanalyysijä voidaan tehdä tarpeen mukaan (esim. tarkistamalla miten jonkin materiaalin vaihtaminen toiseksi vaikuttaa tuloksiin). Lisäksi useimmat LCA-ohjelmistot sisältävät erilaisia simulointityökaluja herkkyysanalyysin tueksi. Näiden työkalujen avulla voidaan tarkastella epävarmuustekijöiden vaikutuksia arvioinnin tuloksiin. Jos elinkaaritietokannoissa on saatavilla useita soveltuvalta vaikuttavia materiaaleja tai prosesseja, on suositeltavaa vertailla niiden vaikutuksia toisiinsa nähden (ks. taulukko 2 sivulla 12): Jos eri prosessivaihtoehtojen vaikutukset eivät merkittävästi poikkea toisistaan, ei kyseisen prosessin valinnalla ole erityisen suurta merkitystä arvioinnin lopputulokseen. Toisaalta jos on nähtävissä että vaihtoehtojen prosessitietojen vaikutukset ovat keskenään hyvin ristiriitaisia, tulisi oikean prosessin valintaan panostaa entistä enemmän ja tutkia prosessikuvausten avulla erojen syyt. Herkkyysanalyysit tulisi kohdistaa prosesseihin, joiden vaikutuksen ovat kokonaisuuden kannalta merkittävimmät (pöytä-esimerkissä muovinen kansilevy, ks. kappale 4.6) ja prosesseihin, joiden arviointiin liittyy inventaariovaiheessa epävarmuuksia (esimerkiksi raaka-aineet, joista ei ollut saatavilla kattavia vaikutusarviointitietoja elinkaaritietokannoissa). Kaikki arviointiin liittyvät epävarmuudet tulisi kirjata läpinäkyvästi raporttiin.

#### 4.5.8 Kustannukset

Vuosina 2015–2017 toteutetusta hankkeesta saadun palautteen perusteella yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista elinkaariklinikoiden kehittämisessä oli kustannuslaskennan sisällyttäminen osaksi klinikkaa. Niinpä vuosina 2017–2019 toteutetussa hankkeessa kustannuksia pyrittiin käsittelemään osana klinikkatoimintaa ja sisällyttämään niitä arvioihin.

Kustannusten sisällyttämisessä kohdattiin kuitenkin useampia ongelmia, kuten että

- yritykset eivät kerro kattavasti tai lainkaan hintoja,
- vaihtoehtoiselle materiaalille ei löydy hintatietoa,
- tuotteille ei ole kuluttajahintoja saatavilla,
- eri lähteiden hintoja ei voida pitää yhtenevinä yrityshintojen kanssa, tai
- hinnat muuttuvat paljon jo lyhyessäkin ajassa.

Yritykset eivät välttämättä olleet edes kovin kiinnostuneita kustannuslaskennasta kun asiasta kysyttiin klinikassa. Tämä havainto on ristiriitainen aiemman hankkeen palautteen kanssa, mutta ymmärrettävä yrityksen näkökulmasta: Viimekädessä vastuu taloudenpidosta ja laskelmista on aina yrityksellä itsellään. Tämä totuus selittää myös sen, mikseivät yritykset lähtökohtaisesti olleet kovinkaan innostuneita ilmoittamaan kustannuksiaan. Ehkä jopa tärkeämpi syy oli luultavasti se, että yritysten väliset sopimukset tavarantoimituksista ja hinnoista ovat salassa pidettäviä, eikä tietoja haluttu avata vaikka arviointi suoritettiin luottamuksellisena.

Elinkaaritietokantoihin on alettu lisätä tuotteille hintoja yhä enenevässä määrin. Niitä koskee kuitenkin paitsi osa edellä luetelluista ongelmista, niin myös tietokantojen maantieteelliset edustavuudet ja niihin liittyvät kustannustekijäerot, kuten erot hintatasoissa, palkoissa ja veroissa. Lisäksi ainakin openLCA-ohjelmassa kustannuslaskentaa on välillä vaikea tulkita eikä tulos ole välttämättä järkeenkäyvä, jos prosessikohtaisia hintoja muokkaa siltä osin, kuin tietoja voi itse tarkentaa.

Kustannuksia onnistuttiin kuitenkin sisällyttämään elinkaariklinikoihin ja tuottamaan joitain arvioita. Esimerkiksi energian ja polttoaineiden hintoja pystyy vertailemaan ja tarkkailemaan päiväkohtaisesti, sillä niiden hintoja löytyy helpohkosti internetistä. Näin esimerkiksi energian säästö tai sähkön vaihtaminen uusiutuvaan energiaan voidaan näyttää kustannuksina sen hetkisten hintojen perusteella. Yrityksen materiaali-kohtaisia hintoja voitiin myös käsitellä arvottamalla hukkamateriaalit ja sivuvirrat yrityksen ilmoittamalla hankintahinnalla. Lisäksi jätteenkeräyksen kustannukset voidaan sisällyttää, näyttäen edelleen hukan merkitystä yrityksen kuluihin.

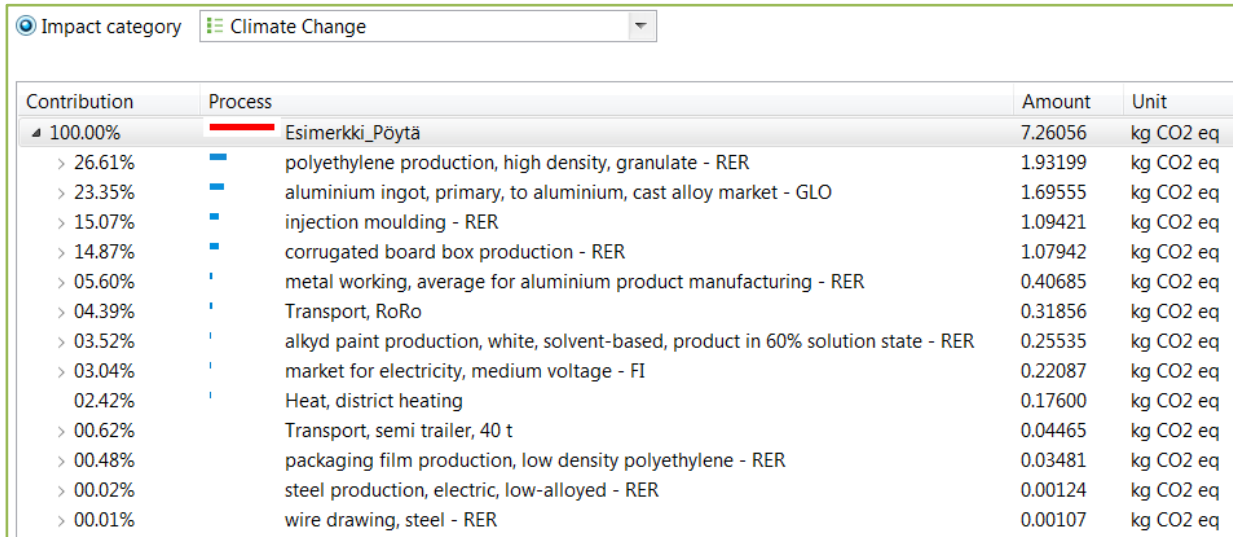
Olellainen huomio on, ettei kustannuksia eri lähteistä tulisi sekoittaa keskenään varauksetta, eli esimerkiksi tietokannoissa olevia hintoja ei tulisi muuttaa yritykseltä saataviin hintoihin, koska ne eivät välttämättä ole vertailtavissa juuri sijainnillisten ja/tai ajallisten erojen vuoksi. Pelkästään valuutta-arvojen muutokset voivat aiheuttaa merkittävää ajallista vaihtelua. Ulkomaalaiset LCA-ohjelmistot ja tietokannat kuvastavatkin usein huonosti Suomen kustannustasoa, joten niiden osalta yritykseltä saatu tieto Excel-taulukossa on oiva apu. Tietokantojen voidaan olettaa tarkentuvan tulevaisuudessa, minkä myötä elinkaarikustannuslaskennan voidaan olettaa nopeutuvan ja avaavan uusia mahdollisuuksia elinkaariklinikointiin.

Toimintamallin kehittämisen vuoksi hintavertailua voidaan toteuttaa tapauskohtaisesti tarkastelemalla yrityksen ilmoittamien, tietokantojen, ja muiden tietolähteiden hintoja keskenään. Näin saadaan käsitys eri hintatietojen yhtenevyyksistä ja eroista sekä eri tietolähteiden luotettavuudesta.

Yrityksille on huomautettava, ja tarvittaessa tähdennettävä, ettei elinkaariklinikassa luvata varsinaista taloudellista neuvontaa. Talous-, rahoitus- ja veroneuvonta ovat eri ammattilaisten osaamisalaa. Yritystä ajatellen elinkaariklinikan tarjoama analyysi on usein myös varsin rajattu kokonaisuus, jonka painopiste on ympäristönäkökohdissa.. Liitteeseen 1 on kerätty listaa hintatietojen eroista erälle tuotteille.

#### 4.6 Tulosten tulkinta (normalisointi, referenssituote)

Arvioinnin lopputuloksena saadaan LCA-ohjelmiston ominaisuuksista riippuen erilaisia ympäristövaikutuksia esittäviä kuvaajia ja taulukoita, jotka arvioinnin tekijä tulkitsee ja selittää yrityksen edustajalle sovitun tavoitteenasettelun määräämällä laajuudella. Kuvassa 7 on esitetty pöydän arviointitulokset (kuvitteellinen esimerkki). Tulosten tulkinnassa selvitetään, mitkä tekijät aiheuttavat merkittävimmät vaikutukset. Esimerkiksi pöydän ilmastovaikutuksista suurin osa aiheutuu muovisen pöytälevyn valmistuksesta (noin 42 % kaikista ilmastovaikutuksista PE-muovista ja ruiskuvalusta). Keskeisten ympäristövaikutuksen lisäksi tulosten tulkinnassa kiinnitetään huomiota myös tulosten johdonmukaisuuteen ja mahdollisiin virhelähteisiin (kuten lasku- tai näppäilyvirheet materiaalien käsittelyssä, tehtyjen rajausten vaikutus tuloksiin). Johtopäätösten osana laaditaan toimenpidesuosituksia vaikutusten pienentämiseksi. Esimerkiksi pöydän valmistuksen ilmastovaikutusten vähentämiseksi voitaisiin tutkia vaihtoehtoisia pöytälevymateriaaleja.



Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Esimerkki_Pöytä	7.26056	kg CO2 eq
> 26.61%	polyethylene production, high density, granulate - RER	1.93199	kg CO2 eq
> 23.35%	aluminium ingot, primary, to aluminium, cast alloy market - GLO	1.69555	kg CO2 eq
> 15.07%	injection moulding - RER	1.09421	kg CO2 eq
> 14.87%	corrugated board box production - RER	1.07942	kg CO2 eq
> 05.60%	metal working, average for aluminium product manufacturing - RER	0.40685	kg CO2 eq
> 04.39%	Transport, RoRo	0.31856	kg CO2 eq
> 03.52%	alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state - RER	0.25535	kg CO2 eq
> 03.04%	market for electricity, medium voltage - FI	0.22087	kg CO2 eq
02.42%	Heat, district heating	0.17600	kg CO2 eq
> 00.62%	Transport, semi trailer, 40 t	0.04465	kg CO2 eq
> 00.48%	packaging film production, low density polyethylene - RER	0.03481	kg CO2 eq
> 00.02%	steel production, electric, low-alloyed - RER	0.00124	kg CO2 eq
> 00.01%	wire drawing, steel - RER	0.00107	kg CO2 eq

**Kuva 7.** Elinkaariklinikan tulokset tulisi esittää niin, että eri materiaalien ja/tai osaprosessien osuus ilmastovaikutuksiin voidaan huomioida. Esimerkki openLCA 1.4-ohjelmistolla saatavasta tulostaulukosta.

Kehittämisvaiheessa elinkaariklinikoissa saadut tulokset muutettiin henkilöauton ajokilometreiksi Suomessa perustuen vuoden 2011 tietoihin Suomen henkilöautojen keskimääräisistä päästöistä ja energiankulutuksesta (LIPASTO). Keskimääräiset päästöt olivat 167 g CO<sub>2</sub>/km. Pöytä-esimerkin tulokset ovat siis 7,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (kuva 7), joka vastaa noin 43,5 km henkilöautolla ajoa Suomessa. Yrittäjät pitivät tätä tulosten esittämistä konkreettisenä ja selkeänä. VTT uudisti Lipasto-yksikkötietopäästökannan perusteellisesti kesällä 2017, joten tätä vertailukohtaa käyttäessä päästö määrä on syytä päivittää sekä ilmoittaa jatkossakin selkeästi laskennan peruste. On kuitenkin huomattava, että joissain tapauksissa, esimerkiksi suuremman mittakaavan konepaja-arvioinneissa ilmastovaikutukset ovat tuhansia CO<sub>2</sub>-ekv. tonneja. Tällöin on parempi verrata vaikutuksia autolla ajon sijasta suomalaisen keskimääräisiin vuotuisiin ilmastovaikutuksiin (lähteestä, vuodesta ja laskentatavasta riippuen, alkaen alle 10 tonnista yli 15 tonniin CO<sub>2</sub>-ekv. per suomalainen, esim. Sironen ym. 2015).

Jos elinkaariklinikassa on arvioitu samanaikaisesti useita vaikutusluokkia, vaikutusarvioinnin tulokset voidaan myös normalisoida, eli esittää tulokset suhteessa tiettyyn vertailuarvoon, kuten keskimääräisen eurooppalaisen aiheuttamiin vuotuisiin ympäristövaikutuksiin (Kuva 8). Esimerkiksi pöydän valmistuksen meriveden toksisuusvaikutukset vastaavat 0,8 % yhden eurooppalaisen vuotuisista vaikutuksista (kyseisen ympäristövaikutusluokan osalta). Normalisointi helpottaa ymmärtämään vaikutuksen suuruusluokkaa laajemmassa kokonaisuudessa, ja elinkaariklinikan toteuttajilla tulee olla näkemystä siitä, mitkä vaikutusluokat ovat yrityksen toimintaan liittyviä. On kuitenkin huomioitava, että normalisoidut tulokset eivät ota kantaa kunkin ympäristövaikutusluokan tärkeydestä.

Normalization	
Impact category	Amount
Marine ecotoxicity	0.00773
Natural land transformation	0.00708
Freshwater ecotoxicity	0.00631
Freshwater eutrophication	0.00610
Human toxicity	0.00354
Fossil depletion	0.00195
Terrestrial acidification	0.00109
Particulate matter formation	0.00096
Climate Change	0.00065
Photochemical oxidant formation	0.00054
Agricultural land occupation	0.00046
Marine eutrophication	0.00030
Metal depletion	0.00028
Urban land occupation	0.00017
Ionising radiation	0.00016
Terrestrial ecotoxicity	0.00011
Ozone depletion	1.74117E-5
Water depletion	0.00000

Kuva 8. Pöydän valmistuksen normalisoidut ympäristövaikutusluokkatulokset.

Ympäristövaikutusluokkien järjestäminen tärkeyksien mukaan on lähtökohtaisesti subjektiivinen valinta. Sen toteuttamiseksi ei ole toistaiseksi yleisestä hyväksyttävää toimintamallia, eikä se ole standardien mukainen toimenpide. Käytännössä se voi tarkoittaa niiden vaikutusten painottamista, eli eri vaikutuksille annetaan kertoimia, joilla vaikutukset voidaan pisteyttää. Näin saadaan kokonaisuudelle pisteytys, jota voidaan käyttää esimerkiksi eri vaihtoehtoja vertailtaessa, jos ne eroavat eri vaikutusluokissa. Tyypillisesti painottamista on kuitenkin tehtävä, jos laajennetaan tarkastelua moniulotteiseksi, eli ympäristön, talouden ja sosiaalisten vaikutusten yhtä aikaa huomioivaksi arvioksi. Tähänastisissa hankkeissa painotuksia ei tehty yhdessäkään elinkaariklinikassa.

#### 4.7 Johtopäätökset ja tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

Viimeisenä vaiheena tehdään tulosten pohjalta johtopäätöksiä ja yritykselle konkreettisia toimenpide-ehdotuksia ympäristövaikutustensa pienentämiseksi. Selkeästi rajatut ja toteuttamiskelpoiset toimenpiteet tulevat todennäköisemmin toteutetuksi kuin esimerkiksi hyvin kalliita investointeja vaativat toimenpiteet. Konkreettisia toimenpide-ehdotuksia ovat esimerkiksi yrityksen energiakulutuksen pienentäminen ja ekosähköön vaihtaminen, yksittäisen raaka-aineen vaihtaminen vähäpäästöisempään tai uusiutuvaan, pakkausmateriaalien käytön tai kuljetusmatkojen vähentäminen. Näiden muutosten kautta voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja ilmastovaikutuksia.

Taulukkoon 6 on koottu esimerkkejä tietolähteistä yrityksen tuotesuunnittelun tueksi. Muun muassa seuraavia asioita voidaan käydä läpi toimenpide-ehdotuksia ja kehityskohteita haettaessa (Motiva 2008, Parikka-Alhola 2008):

- **Materiaalien käyttö:** raaka-aineiden määrän minimointi ja käytön tehostaminen, vähäiset ympäristövaikutukset omaavien materiaalien valinta (esim. kierrätysmateriaalien käyttö, energiaa säästävät raaka-aineet, kierrätettävyys)
- **Tuotantotekniikoiden optimointi:** energian, kemikaalien ja muiden resurssien tarpeen minimointi, hukkamateriaalien ja jätteiden tuotannon minimointi, teknologiavalinnat, sivutuotteiden hyötykäyttö ja kierrätys
- **Laitteistot:** käytön optimointi ja kunnossapito, laitteiden kehittäminen ja prosessi-innovaatiot
- **Henkilöstö:** työskentelytavat, osaaminen, koulutukset
- **Jakelukanavien optimointi:** kuljetus- ja pakkausmateriaalien määrän minimointi, kuljetusmuotojen optimointi
- **Käyttövaiheen vaikutusten minimointi:** vähäisempi energiankulutus, käyttöohjeet, huolto- ja puhdistusvapaa tai helppohoitoinen tuote

- **Käyttöiän optimointi:** luotettavuuden ja keston parantaminen, varaosat, huollon ja korjauksen helppous, takuu
- **Hallitun käytöstä poistamisen edistäminen:** uudelleenkäyttö- tai kierrätysmahdollisuudet, osien vaihtaminen kokonaan uuden tuotteen hankkimisen sijaan.

**Taulukko 6.** Esimerkkejä tietolähteistä ja laskureista yrityksen tuotesuunnittelun ja -kehityksen tueksi.

Työkalu	Millainen työkalu
Ilmastobisnes-sivusto <a href="https://www.ilmastobisnes.fi">https://www.ilmastobisnes.fi</a>	Elinkeinoelämän keskusliiton ja Clonet Oy:n luoma infosivusto pk-sektorin ilmastotyön tueksi, sisältää myös päästölaskurin ja -mittarin.
Motiva – yrityksille <a href="http://www.motiva.fi/yritykset">www.motiva.fi/yritykset</a>	Tietoa ja erilaisia testejä mm. energia- ja materiaalitehokkuuteen liittyen. Konsulttia vaativat katselmukset maksullisia.
Teknologiateollisuus ry <a href="http://teknologiateollisuus.fi/fi/painopisteet/ymparistoasiat">http://teknologiateollisuus.fi/fi/painopisteet/ymparistoasiat</a>	Yritysesimerkkejä tuotteiden ympäristöasioihin ja politiikkaan liittyen, julkaisuja.
Elinkeinoelämän keskusliitto: Energiaopas pk-yrityksille (2012) <a href="https://ek.fi/wp-content/uploads/energiaopas.pdf">https://ek.fi/wp-content/uploads/energiaopas.pdf</a>	Opas energia- ja kustannustehokkaaseen toimintaan
Teolliset symbioosit <a href="http://teollisetsymbioosit.fi/">http://teollisetsymbioosit.fi/</a>	Motiva tarjoaa tukea yrityksille teollisten symbioosien muodostamiseen.
Suomen Ympäristöopisto SYKLI: Ympäristöosaava <a href="http://www.ymparistoosaava.fi/">www.ymparistoosaava.fi/</a>	Yritysten ympäristöosaamisen kehittämiseen tarkoitettu sivusto
CIRCWASTE <a href="http://www.materiaalikiertoon.fi/fi-FI/Tyokalut">http://www.materiaalikiertoon.fi/fi-FI/Tyokalut</a>	Tietoa ja työkaluja kiertotalouden edistämiseen liittyen, muun muassa elinkaari pohjaisista työkaluista ja laskureista.
TUKESin kemikaalineuvonta <a href="http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/">http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/</a>	REACH, CLP ja BIOSIDI -kemikaalineuvonta
Valonian työkalut ja materiaalit <a href="http://www.valonia.fi/fi/yritykset/582938-tyokalut-ja-materiaalit">http://www.valonia.fi/fi/yritykset/582938-tyokalut-ja-materiaalit</a>	Työkaluja ja materiaaleja yrityksen ympäristötyön tueksi.

#### 4.8 Tulosten esittäminen

Tieteellisten termien käyttö ja pientenkin yksityiskohtien läpikäynti saattaa sekoittaa ympäristövaikutusten arviointiin tottumattoman, joten tulosten käsittelyssä on tärkeää esittää asiat selkeästi ja sopivalla laajuudella. Kannattaa siis keskittyä vain olennaisimpiin vaikutusluokkiin ja pyrkiä esittämään tuloksia selkeiden taulukoiden ja kuvien avulla. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset raportoidaan selkeästi näkyviin. Erilaiset vertailutuotteet kuten henkilöauton päästöt helpottavat tulosten suuruusluokan hahmottamista. Toisaalta, on myös hyvä sisällyttää elinkaaritermistöä hyvin selitettynä raporttiin jo pelkästään yleistä sivistystä ja tiedonjakoa ajatellen.

Elinkaariklinikoissa saadut tulokset muutettiin tässä hankkeessa henkilöauton ajokilometreiksi Suomessa perustuen vuoden 2011 tietoihin Suomen henkilöautojen keskimääräisistä päästöistä ja energiankulutuksesta (VTT Lipasto). VTT uudisti Lipasto-yksikkötietopäästökannan perusteellisesti kesällä 2017, joten tätä vertailukohtaa käytettäessä päästötiedot on päivitettävä. Keskimääräiset päästöt olivat ensimmäisen hankkeen aikana 167 g CO<sub>2</sub>/km. Vuosina 2017–2019 toteutetussa hankkeessa puolestaan huomioitiin myös auton ja polttoaineen valmistus, jolloin kilometrikohtaiseksi päästöksi päivitettiin 209,9 g CO<sub>2</sub>/km.

Raportin laajuudesta ja muodosta sovitaan yrityksen kanssa arvioinnin aloittamisvaiheessa. Vähimmäisraportointina tulee kirjata ylös elinkaariklinikka-istunnon aikana läpikäydyt kysymykset vastauksineen, sovittu toiminnallinen yksikkö ja systeemin rajaus (esimerkiksi mitkä prosessit jätetään tarkastelun ulkopuolelle) sekä tiedonkeruun ja arvioinnin aikana esille nousseet kysymykset, rajoitukset ja epävarmuustekijät mm. tiedon laadussa tai laajuudessa. Yksinkertaisimmillaan raportti voi koostua esi- ja prosessitietolomakkeista, prosessin vuokaaviosta ja mallinnuskaaviosta sekä tulososasta sisältäen tulokset kuvaajina tai taulukoina, tulosten tulkinnan sekä muodostetut johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset. Liitteenä 5 on raporttiesimerkki tulosten esittämisestä. Vaikutukset voidaan esittää jakamalla ne eri lähteisiin, esimerkiksi raaka-aineet, pakkaaminen, sähkö, lämpö ja kuljetukset.

#### 4.9 Tulosten käyttö yrityksessä

Koska elinkaariklinikka ei noudata kaikilta osin laajamittaista elinkaariarviointia ohjaavia ISO-standardeja (14040:2006 ja 144040:2006), tuloksia ei voi käyttää kilpailijoihin vertailevaan markkinointiin ja väittää esimerkiksi tuotteen olevan ympäristövaikutuksiltaan pienempi kuin kilpailijan tuote. Tuloksia ei myöskään voi hyödyntää erilaisten ympäristöväittämien tukena. Yritys kuitenkin saa elinkaariklinikassa toteutetun kevennetyn arvioinnin kautta tietoa oman tuotteen tai palvelunsa sekä näihin liittyvien eri osa-alueiden ilmastovaikutuksista ja voi hyödyntää tuloksia sisäisessä tuotekehityksessään sekä päätöksenteon tukena. Esimerkiksi erilaisten raaka-aine- tai prosessointivaihtoehtojen ympäristövaikutuksia voidaan verrata, ja tietoa voidaan hyödyntää ympäristöystävällisimpien tuotteiden kehittämisessä.

Yritys voi kuitenkin hyödyntää elinkaariklinikkaa markkinoinnissaan esimerkiksi tiedottamalla asiakkailleen ja yhteistyökumppaneilleen osallistuneensa elinkaariklinikkaan ja hyödyntävänsä elinkaariklinikan tuloksia oman toimintansa kehittämiseen tai tuoda esille, millä osa-alueilla yritys on parantanut toimintaansa. Esimerkiksi:

*”Yritys X on osallistunut elinkaariklinikkaan ja vähentänyt tuotteensa ilmastovaikutuksia vaihtamalla pääraaka-aineensa pienemmät ilmastovaikutukset aiheuttavaan materiaaliin.”*

*”Arvioimme tuotteemme X ilmastovaikutuksia elinkaariklinikan avulla ja pienensimme ilmastovaikutuksia lyhentämällä kuljetusmatkoja ja siirtymällä ekosähköön.”*

Mikäli yritys haluaa käyttää arviointia vertailu- tai markkinointitarkoituksiin, tulee yrityksen teettää laajamittaisempi, ISO-standardien mukainen arviointi sisältäen mm. systemaattiset lähtötietojen ja tulosten herkkyystarkastelut ja kriittisen arvioinnin. Lainsäädäntöä, lisätietoja ja markkinointia koskevia ohjeita löytyy muun muassa Kuluttajansuojalain 2. luvusta koskien markkinointia ja menettelyä asiakassuhteissa (Kuluttajansuojalaki 38/1978), Kilpailu- ja kuluttajaviraston sivuilta koskien Kuluttaja-asiamiehen linjauksia (Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2002) sekä tietoa tosiasiaväitteistä ja vertailuista (Kilpailu- ja kuluttajavirasto 2014) sekä Kansainvälisen kauppakamarin ICC:n markkinointisäännöistä (2012).

Kehittämishankkeisiin vuosina 2015–2017 ja 2017–2019 osallistuneille yrityksille jaettiin lisäksi diplomit elinkaariklinikkaan osallistumisesta.

## Lähteet

- Antikainen, R. (toim.). 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Antikainen, R. & Seppälä, J. (toim.). 2012 Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksenteon tukena. FINCLA-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 10/2012. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Bionova Ltd 2018., <https://www.oneclicklca.com/> [viitattu 17.5.2019]
- Business Finland 2019. Innovaatioseteli <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/tutkimus-ja-kehitysrahoitus/innovaatioseteli/> [viitattu 11.5.2019].
- EC-JRC. 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: General guide for the Life Cycle Assessment – Detailed guidance. EUR 24708 EN. Luxembourg.
- EC-JRC 2006. European Life Cycle Database ELCD. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/> [viitattu 2.10.2017].
- Ecoinvent 2017. Ecoinvent - the world's most consistent & transparent life cycle inventory database. <http://www.ecoinvent.org/> [viitattu 2.10.2017].
- Eco Platform 2014. List of all Eco Platform EPD. <http://www.eco-platform.org/list-of-all-eco-epd.html> [viitattu 30.10.2017].
- ELY-keskus 2014. Yritysten kehittämispalvelut. [https://www.ely-keskus.fi/fi\\_FI/web/yritystenkehittamispalvelut#.WfhPrE0Umpo](https://www.ely-keskus.fi/fi_FI/web/yritystenkehittamispalvelut#.WfhPrE0Umpo) [viitattu 11.10.2017].
- Finkbeiner M, Inaba A, Tan R, Christiansen K, Klüppel HJ (2006) The New international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. Int J Life Cycle Assess 11:80–85. doi:10.1065/lca2006.02.002.
- Fonecta.fi 2017 Fonecta reittihaku. <https://www.fonecta.fi/kartat?from=+&to> [viitattu 16.10.2017].
- Google 2017. Google Maps <https://www.google.fi/maps/> [viitattu 16.10.2017].
- GreenDelta 2017. OpenLCA. <http://www.openlca.org/> [viitattu 2.10.2017].
- Hall M (2015) A transdisciplinary review of the role of economics in life cycle sustainability assessment. Int J Life Cycle Assess 20:1625–1639. doi:10.1007/s11367-015-0970-z.
- Ifu Hamburg GmbH 2017. Umberto. <https://www.ifu.com/en/umberto/environmental-management/> [viitattu 2.10.2017].
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2011. Summary for Policymakers. Julk.: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., von Stechow, C. (eds). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press. S. 3-26. <http://www.ipcc.ch/report/srren/>
- IPCC AR5, 2016. Greenhouse gas protocol. Global Warming Potential Values. [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf) [viitattu 14.01.2019].
- Judl, J., Mattila, T., Manninen, K. & Antikainen, R. 2015. Life cycle assessment and ecodesign in a day. Lessons learned from a series of LCA clinics for start-ups and small and medium enterprises (SMEs). Suomen ympäristö 18/ 2015. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Kansainvälinen Kauppakamari ICC. 2012. Kansainvälisen Kauppakamarin ICC:n Markkinointisäännöt. [https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2012/01/Markkinoinnin-kansainvaliset-ohjeet-ICC-Markkinointisaannot\\_-final-version-2012.pdf](https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2012/01/Markkinoinnin-kansainvaliset-ohjeet-ICC-Markkinointisaannot_-final-version-2012.pdf).
- KELIPK, 2019. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Kestavan\\_liiketoiminnan\\_edistaminen\\_PohjoisKarjalan\\_kiertobiotaloudessa/Kestavan\\_liiketoiminnan\\_edistaminen\\_Pohj\(45814\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Kestavan_liiketoiminnan_edistaminen_PohjoisKarjalan_kiertobiotaloudessa/Kestavan_liiketoiminnan_edistaminen_Pohj(45814)) [vierailtu 27.5.2019].
- Kilpailu- ja kuluttajavirasto. 2002. Kuluttaja-asiamiehen linjaus. Ympäristömarkkinointi. <https://www.kkv.fi/ratkaisut-ja-julkaisut/julkaisut/kuluttaja-asiamiehen-linjaukset/aihekohtaiset/ymparistomarkkinointi/> [Päivitetty 10.12.2015].
- Kilpailu- ja kuluttajavirasto. 2014. <https://www.kkv.fi/Tietoa-ja-ohjeita/markkinointi-ja-asiakassuhde/tosiasiavaihteet-ja-vertailut/> [Päivitetty 5.5.2014].
- Kuluttajansuojalaki 38/1978. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1978/19780038>.
- MarineTraffic.com 2019. MarineTraffic. <https://www.marinetraffic.com/> [viitattu 17.5.2019].
- Materiaalivirrat 2019. <http://materiaalivirrat.fi/> [viitattu 22.5.2019]



- MMM 2019, <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/eu-energia-ja-ilmastopolitiikka/metsien-hiilinielut> [vierailtu 7.5.2019].
- Motiva Oy 2019. CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hiilidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet) [viitattu 14.1.2019].
- Motiva 2008. Materiaalitehokkuuskatselmuksilla kustannussäästöjä ja ympäristöetuja. Lönnberg Painot Oy, Helsinki 2008.
- Muoviteollisuus ry. Muovien tuotantomenetelmät. <http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/tuotantomenetelmat/> [viitattu 30.10.2017].
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Kohc, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T. & Zhang, H. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Julk.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M, Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A, Xia, Y, Bex, V. & Midgley, P.M. (eds). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. S. 659-740. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> [viitattu 22.05.2019].
- Niemistö, J., Myllyviita, T., Holma, A., Judl, J., Sironen, S., Antikainen R. & Leskinen P. 2017. Elinkaarijattelu pk- ja startup-yritysten ympäristövaikutusten arvioinnissa ja tuotekehityksen tukena. Toimintamalli yritysten elinkaaristen ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y) -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34/2017. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Nordic Offset Oy. CO<sub>2</sub> -kompensointi. <http://www.nordicoffset.com/co2-kompensointi/> [viitattu 11.10.2017].
- Norris, G. 2015. Handprint-Based NetPositive Assessment. Harvard T.H. Chan School of Public Health. November 2015. <https://www.3ds.com/fileadmin/Stories/cop21/handprint-based-netpositive-assessment-harvard-th-chan.pdf>.
- Parikka-Alhola, K. 2008. Promoting environmentally sound furniture by green public procurement. Ecological economics 68: 472–485.
- Pré 2017. SimaPro. <https://simapro.com/> [viitattu 2.10.2017].
- Puuinfo Oy. Puulajit. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puulajit> viitattu [16.10.2017].
- Raadal, H., Gagnon, L., Modahl, I., Hanssen O. 2011. Life cycle greenhouse gas (GHG) emissions from the generation of wind and hydro power. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15:7 pp. 3417 – 3422) <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.001>.
- Salo, M., Nissinen, A., Mattinen, M. & Manninen, K. 2019. Ilmastodieetti – mihin sen antamat ilmastopainot perustuvat? <https://ilmastodieetti.ymparisto.fi/ilmastodieetti/documentation/Laskentaperusteet.pdf>.
- Schlömer, S., Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich, E., McKinnon, Perczyk, D., Roy, J., Schaeffer, R., Sims, R., Smith, P. & Wisner, R. 2014: Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Seadistances.org. 2019. <https://sea-distances.org/> [viitattu 17.05.2019].
- Searoutes.com 2019. <https://www.searoutes.com/routing?speed=13&panama=true&suez=true&kiel=true&rivers=block&roads=block> [viitattu 17.5.2019].
- Selech, K., Klos, Z., Kulczycka, J. & Kurczewski, P. 2014. Life cycle thinking in small and medium enterprises: the results of research on the implementation of life cycle tools in Polish SMEs—Part 3: LCC-related aspects. The International Journal of Life Cycle Assessment 19, 1119–1128.
- Seppälä, J. (toim.) 2004. Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvioinnissa – alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, pienhiukkaset ja ekotoksisuus. Suomen ympäristö 673. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- SFS-EN ISO 14040:2006. Ympäristöasioiden hallinta: Elinkaariarviointi: Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen Standardoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 14044:2006. Ympäristöasioiden hallinta: Elinkaariarviointi: Vaatimukset ja suuntaviivoja. Suomen Standardoimisliitto, Helsinki.
- Sironen S., Mäenpää I., Myllyviita T., Leskinen P., Seppälä J. (2015) (sivut 54-55). Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus. Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus -hankkeen loppuraportti. [Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2015](#).

- SYKE 2019. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Teolliset\\_symbioosit\\_materiaalikehitys\\_ja\\_MalliY\\_analyysi\\_PohjoisSavo](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Teolliset_symbioosit_materiaalikehitys_ja_MalliY_analyysi_PohjoisSavo) [vierailtu 27.5.2019].
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2019. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm> [viitattu 16.10.2019].
- Thinkstep 2017. GaBi Software. <http://www.gabi-software.com/nw-eu-english/software/> [viitattu 2.10.2017].
- Tilastokeskus 2019. Polttoaineluokitus 2019. [http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html) [viitattu 6.5.2019].
- Ympäristö 2019. Suomen sähkönhankinnan päästöt elinkaarilaskelmissa [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan\\_paastot](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot) [viitattu 17.5.2019].

**Liite 1.** Hintavertailuja eri tietolähteiden välillä.

Kategoria	Tuote	Yksikkö	Hinta	Erojen värikoodit				Valuuttamuunnokset: US\$ = 0.8517 €			Muu lähde, selitys
				Tietokanta / -lähde OpenLCA, ecoinvent 3.4 & 3-5	Prodcom EU*	Prodcom, Suomi	Muu lähde	Ero alle 25 %	Ero 25 < 50 %	Ero 50 < 100 %	
				Hinta	Hintaero	Hinta	Hintaero	Hinta	Hintaero		
<b>Metallit</b>											
	Ni 99.5%	€/kg	10.40	12.69	22 %	9.23	-11 %	11.67	12 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Molybdenium, 57-63 % (LMEssä MO3 n. 52%)	€/kg	41.80	11.12	-73 %			22.15	-47 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Ferro-nickel 25%	€/kg	3.43	5.14	50 %	5.82	70 %			London Metal Exchange 25.1.2019	
	Ferro-chromium (68%)	€/kg	1.52	1.13	-26 %	0.95	-38 %	1.36	-10 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Scrap iron	€/kg	0.18	0.18	3 %	0.17	-3 %	0.29	66 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Aluminium	€/kg	3.67	1.68	-54 %	1.68	-54 %	1.75	-52 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Copper	€/kg	5.52	4.68	-15 %	6.73	22 %	5.11	-7 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Tin	€/kg	10.10	16.10	59 %			17.81	76 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Gold	€/kg	10600.00	33577.27	217 %	35543.36	235 %	36420.00	244 %	London Spot Market, 25.1.2019	
	Zink	€/kg	1.04	1.81	74 %	2.26	117 %	1.96	88 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Lead	€/kg	0.74	1.74	134 %			1.75	135 %	London Metal Exchange 25.1.2019	
	Silver	€/kg	178.00	454.79	156 %	480.47	170 %	437.00	146 %	London Spot Market, 25.1.2018	
	Palladium	€/kg	5640.00	20024.14	255 %	21758.08	286 %	37330.00	562 %	London Spot Market, 25.1.2019	
	Platinum	€/kg	20600.00	20024.14	-3 %	21758.08	6 %	22850.00	11 %	London Spot Market, 25.1.2018	
<b>Viljat ja viljellyt kasvit**</b>											
	Elintarvikekaura	€/kg						0.19		Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Kaura	€/kg	0.12	0.33	166 %	0.28	126 %	0.17	33 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Luomukaura,	€/kg		0.33		0.28		0.00		Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Mallasohra	€/kg		0.33		0.28		0.20		Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Ohra	€/kg	0.12	0.33	182 %	0.28	139 %	0.18	53 %	Avenakauppa 14.1.2019	
	Vehnä	€/kg	0.13	0.45	244 %	0.43	228 %	0.21	63 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Rehuvehnä	€/kg	0.14	0.33	139 %	0.28	103 %	0.21	51 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
***	Härkäpapu	€/kg	1.68	1.09	-35 %	24.16	1338 %	0.23	-86 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	
	Luomuhärkäpapu	€/kg	1.68					0.40	-76 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019	

Herne/ Rehuherne - riippuen tietokannasta	€/kg	2.11	0.93	-56 %		0.24	-89 %	Avenakauppa 14.1.2019
Luomurehuherne	€/kg					0.40		Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Luomukaura, suurimo	€/kg		0.33		0.28	0.36		Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Luomuohra, rehu	€/kg	0.16	0.33	108 %	0.28	76 %	101 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Luomuvehnä	€/kg	0.17	0.45	165 %	0.43	153 %	116 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Tuorekaura	€/kg		0.33		0.28	0.15		Avenakauppa 14.1.2019
Tuoreohra	€/kg		0.33		0.28	0.17		Avenakauppa 14.1.2020
Tuorevehnä	€/kg		0.45		0.43	0.20		Avenakauppa 14.1.2021
Lajikkeellinen kaura	€/kg		0.33		0.28	0.15		Avenakauppa 14.1.2022
Lajikkeellinen ohra	€/kg		0.33		0.28	0.17		Avenakauppa 14.1.2023
Ruis	€/kg	0.11	0.33	203 %	0.28	157 %	81 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
LuomuRuis	€/kg	0.14	0.33	132 %	0.28	97 %	159 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Lajikkeellinen kevätvehnä	€/kg		0.33		0.28	0.18		Avenakauppa 14.1.2020
Lajikkeellinen syysvehnä	€/kg		0.33		0.28	0.18		Avenakauppa 14.1.2020
Rypsi/rapsi	€/kg	0.11	0.45	316 %	0.38	251 %	228 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Tuorerypsi/rapsi	€/kg					0.37		Avenakauppa 14.1.2020
Sokerijuurikas	€/kg	0.04						
Porkkana	€/kg	0.30				1.01	234 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Sipuli	€/kg	0.32				0.78	142 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Peruna	€/kg	0.28				0.19	-32 %	Luke tilasto, 11/18
Keräkaali	€/kg	0.72				0.70	-3 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019

#### Elintarvikkeet

Sokeri, sokerijuurikkaasta	€/kg	0.44	0.48	10 %	0.54	24 %	0.31	-29 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Maito	€/kg	0.35	0.42	20 %	0.40	15 %	0.35	0 %	Luke tilasto, 11/18
Sianliha	€/kg	5.48	2.33	-57 %	3.01	-45 %	1.65	-70 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Naudanliha	€/kg	4.80	4.15	-14 %	5.95	24 %	3.09	-36 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Kananliha - kokonainen kana	€/kg	1.44	1.74	21 %	3.38	135 %	1.36	-6 %	Luke tilasto, 11/18
(4) Hanavesi	€/t	0.3970					4.680	1179 %	Kerrostalot, sis alv + jätevesimaksut (5)
Vesi ilman veroa ja jätevesiosuusta	€/t						1.54	387 %	Joensuu veden tiedoin laskettu (6)

#### Lannoitteet

DAP	kg	0.47	0.53	12 %		0.39	-18 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
Urea	kg	0.46	0.50	9 %		0.28	-40 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019

Kalium (Kalium kloridi)	kg	0.18	0.42	128 %		0.21	14 %	Maaseudun Tulevaisuus 14.1.2019
-------------------------	----	------	------	-------	--	------	------	---------------------------------

#### Sähkö ja lämpö

Sähkö (high voltage)	kWh	0.10				0.05	-52 %	NordPool Spot, 25.1.2019, k.a. 2018 [FI]. Tilaston vaihteluväli 2004-2018 ajalta 27.68€/56.64€/MWh
Medium voltage	kWh	0.10						
Low	kWh	0.11				0.17	54 %	Siirtoineen, sis.vero 5000 kWh käyttö, Tilastokeskus, ennako 2018
Lämpö, central and small-scale	MWh	38.16				45.97	20 %	Energiatoteellisuuden tilasto 7/18, yhdistetyn tuotannon k.a. energiamaksu, josta vähennetty 24% alv. (7)
Saw & veneerlog								
Havupuu	m3	80.00				63.78	-20 %	Maaseudun tulevaisuus-Metsätilasto, vko3/19, päätehakkuu
Lehtipuu	m3	85.00				49.50	-42 %	Maaseudun tulevaisuus-Metsätilasto, vko3/19, päätehakkuu
Mäntykuitu/havukuitu	m3	168.00				20.21	-88 %	Maaseudun tulevaisuus-Metsätilasto, vko3/19, päätehakkuu
hankintahinta	m3					32.63	-81 %	Maaseudun tulevaisuus-Metsätilasto, vko 3/19, hankintahinta
Koivukuitu	m3	250.00				18.90	-92 %	Maaseudun tulevaisuus-Metsätilasto, vko3/19, päätehakkuu
Havupuulauta, tai kuusi mänty 50/50	m3	160.00	182.20	14 %	182.20	200.00	25 %	<a href="https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/10/Metsasektorin-suhdanekatsaus-esitys-11102018.pdf">Arvio kuvaajasta vuodelle 2018, https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/10/Metsasektorin-suhdanekatsaus-esitys-11102018.pdf</a>
Lehtipuu	m3	265.00	235.07	-11 %	355.00		34 %	

#### Polttoaineet

(8)	Energiapuu	m3	240.00	20 < 40	24.31	-90 %	Rankapuu, €/m3 kiinto, hankintahinta, metsälehti 2018, q 3, Tämä siis tuoretta, vähennetään paino 950 --> 500
	Klapi, polttopuu		240.00	20 < 40	150.00	-38 %	Mottinetti.fi Irtokuutiosta kiinnoksi kertomella 0.4m3/irtom3, Hinnat jopa yli 80 €.
	Raskas PÖ	€/kg	0.14			-100 %	
	Kevyt PÖ	€/kg	0.27		1.08	301 %	Tilastokeskus 2018
	Veroton				0.60		Vero -% 44
	Diesel	€/kg	0.40		1.57	292 %	Tilastokeskus 2018
					0.64		Vero- % 59
	Bensiini, sis bio-os. (Olcassa 15%)		0.71		1.94	173 %	Tilastokeskus 2018
	Veroton				0.64		Vero -% 67
	Raakaöljy, tuonti	€/kg			0.50		Tilastokeskuksen kuvaajasta katsottuna vuosille 2018/2019
	Kivihili	€/kg			0.29		Tilastokeskus 2018
	Verotta	€/kg	0.04		0.07	88 %	Vero -% 77
	Natural gas, high press	€/m3	0.17			-100 %	
	Biokaasu	€/m3	0.11		1.46	1239 %	Gasumin tankkausasemalla
	Veroton		0.11		1.32	1110 %	Vero -% 9,7
	LPG-kaasu	€/kg	0.28		0.82	197 %	Gasumin tankkausasemalla
	Veroton		0.28		0.59	113 %	Vero -% 28,4
	Nestekaasu	€/kg	0.28		0.49	79 %	Tilastokeskus, 1/2018
	Veroton	€/kg	0.26		0.29	13 %	Tilastokeskus, 1/2018
	Kerosiini	€/kg	0.30		0.70	136 %	Maaseudun Tulevaisuus- 13.10.2018, veroja 0.7635 €/kg vuonna 2019.
	Biodiesel, > 70% bio-osuus	€/kg		0.80	1.20		
<b>Kuljetuksia</b>							
	Rekkakuljetus (Lorry > 32 t)	€/tkm	0.02		0.07	326 %	Puulle (9)

Junakuljetus	€/tkm	0.03				0.02	-11 %	Puulle (9)
Vesikuljetus,	€/tkm	0.01				0.03	186 %	Puulle (9)
Lentorahti	€/tkm	0.12						

Puulevyjä (10)							Alv 0 % hinnat		
Fiberboard, softwood	€/m3	148.00				156.18	6 %	K-rauta	
Particle board	€/m3	217.00	197.15	-9 %	262.00	21 %	32 %	K-rauta	
Pinnoitettuna						296.88	37 %	Yrityshinta	
Pinnoitettuna						743.38	243 %	K-Rauta	
MDF-levy -, Prodcomista oletettu paksuus 7 mm	€/m3	252.00	596.56	137 %		3733.80	1382 %	Yrityshinta kaapin oville	
		252.00				1474.06	485 %	K-rauta, pinnoittamaton	
OSB-levy (lastulevy)	€/m3	566.00	193.85	-66 %		381.84	-33 %	K-rauta lasku	
3-kerros laminaattilevy	€/m3	484.00				1686.51	248 %	Yrityksen Laminaattitasona Stark - koivu	
						3432.26			
Viilupuu (Plywood)	€/m3	298.00	361.41	21 %	442.49	48 %	158 %	Taloon.com	
Vaneri - Veneer - Ei olcassa erikseen, olet. Plywod		298.00	538.89	81 %	710.00	138 %	394 %	K-raudasta Vaneri	
Melamiinipinta- ei vastaavaa verrattavaksi	€/m2	0.464							

\* mediaani, ja sen puuttuessa EU-28 keskiarvo

\*\* Tietoja eri tarkkuuksilla, vertailu haasteellista, Etenkin prodcom epätarkka ja samaa hintaa jouduttu kopioimaan

\*\*\* Suomen kohdalla härkäpapu varmasti virheellinen

(4) Oletettavasti 10-kerroin virhe tietokannassa

(5) <https://yle.fi/uutiset/3-9873444>

(6) Käyttövesi verottomana 1.56 €/m3, jätevesi 2.05 €/m3. vero 24 %. <http://www.joensuunvesi.fi>

(7) [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon\\_hintatilasto.html#material](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material)

(8) Epäselvyyksiä tuotteista. Oletettavasti Olcassa polttopuu, eli klapi, prodcom ja muu lähde hakettavasta raakaenergiapuusta

(9) [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja\\_2017\\_01a\\_Puunkorjuu\\_ja\\_kaukuljetus\\_vuonna\\_2016.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_01a_Puunkorjuu_ja_kaukuljetus_vuonna_2016.pdf), Pätee myös muulle rahdille, esim betonille.

(10) Jouduttu tekemään yksikkömuunnoksia. Joillekin levyille tuotteiden samankaltaisuus on kyseenalaista.



## Tietoa elinkaariarvioinnista (LCA) ja elinkaariklinikka-toimintamallista pk-yrityksille

ToimintaMALLI yritysten elinkaaristen Ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y) -hanke

&

Teolliset Symbioosit materiaalikehitys ja Malli - Y analyysi Pohjois-Savo - hanke

Suomen ympäristökeskus 2017 (päivitetty 2019)



S Y K E



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus



NAVITAS  
YRITYSPALVELUT





## Elinkaariarviointi

**Ympäristövaikutuksia** syntyy ihmisen toiminnan ja luonnonilmiöiden myötä muodostuvien päästöjen ja ympäristömuutosten vuoksi. Vaikutukset voivat kohdistua luontoon, ihmisten terveyteen ja elinolosuhteisiin.

**Elinkaariarviointi** (life cycle assessment) eli LCA on menetelmä, jonka avulla tuotteen tai palvelun vaatimia resursseja ja ympäristövaikutuksia voidaan analysoida ja arvioida. Täydellinen elinkaari kattaa raaka-aineiden tai materiaalien hankinnan luonnosta, niiden prosessoinnin ja kuljetuksen tuotantolaitokselle, tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleenkäytön, huollon, kierrätyksen ja hylkäämisen. Näin laajan elinkaariarvioinnin tekeminen on kuitenkin työlästä ja aikaavievää, ja usein elinkaariarviointi toteutetaankin suppeammassa muodossa. Yksinkertaistetussa elinkaariarvioinnissa (streamlined LCA) tutkitaan esimerkiksi vain rajattua osaa tuotantoprosessista tai tuotejärjestelmästä, tai keskitytään jonkin tietyn päästön (esim. hiilidioksidipäästöt) tai ympäristövaikutuksen tarkasteluun. Elinkaariarvioinnit suoritetaan yleensä alalle kehitettyjen ohjelmistojen ja inventaariotietokantojen avulla.

## Elinkaariarvioinnin hyödyntäminen pk- ja kasvuyrityksissä

**Yksinkertaistettu elinkaariarviointi sopii moniin yritystoiminnan osa-alueisiin** (Antikainen R. (toim.) Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010):

- ✓ Tuotekehitys: materiaalien ja muiden resurssien vertailu, ympäristömyötäinen hankinta ja käyttöön-otto, ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu,
- ✓ Tuotteen/palvelun ympäristövaikutusten ja niiden merkittävyyden tunnistaminen, (yksikköprosesseittain tai kokonaisvaikutuksina),
- ✓ Prosessidatan eli inventaariotiedon monipuolinen hyödyntäminen,
- ✓ Tuotantoprosessien kehittäminen: resurssien käytön tehostaminen, päästöjen vähentäminen, uusien materiaalivaihtoehtojen, prosessiteknologioiden tai innovaatioiden arviointi/vertailu,
- ✓ Kilpailuedun luominen: tunnistetaan oman tuotteen edut suhteessa kilpailijaan,
- ✓ Ympäristöjohtaminen: uusien teknologioiden potentiaalin ennustaminen ja analysointi.

Elinkaariklinikka-toimintamallissa (vaiheet esitetty kuvassa 1) **yrityksiä autetaan löytämään tuotteensa/palvelunsa keskeisimmät ympäristövaikutukset sekä kehitysideoita tuote- tai prosessitasolla tuotteen ja yrityksen kilpailukykyyn edistämiseksi**. Toimintamalli perustuu yksinkertaistettuun elinkaariarviointiin (streamlined LCA, kuva 2), jonka tavoitteena on arvioida tuotetta/prosessia lyhyemmässä ajassa ja pienemmillä resursseilla verrattuna yksityiskohtaiseen elinkaariarviointiin.

Kehittämistoimenpiteisiin kuuluvat esimerkiksi energia- ja resurssitehokkuuden edistäminen, jätehuollon ja kierrätyksen kehittäminen, kasvihuonekaasupäästöjen ja kuljetusmatkojen minimoiminen tai

ympäristöystävällisempien raaka-aineiden käyttöön siirtyminen.

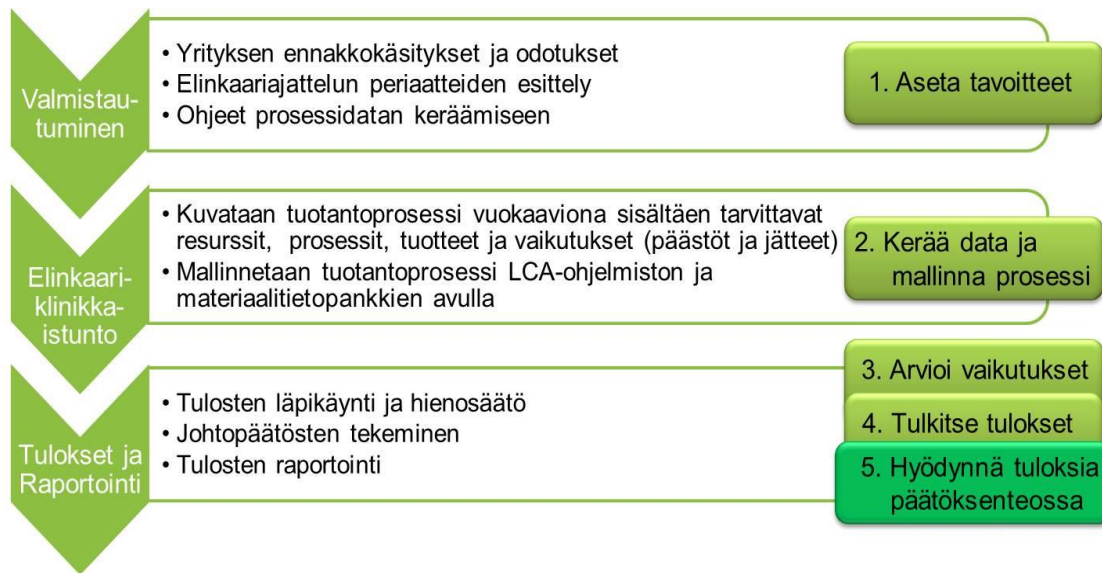
## Elinkaariklinikka-konsepti

### Valmistautuminen elinkaariklinikka-istuntoon:

Yrityksiä kannustetaan tutustumaan tämän esitteen avulla toimintamalliin ja elinkaariarviointiin jo etukäteen, jotta he voivat saada arvioinnista itselleen mahdollisimman paljon hyötyä. Yrityksen tietoja, toiveita ja odotuksia arviointiin liittyen selvitetään esitietolomakkeen avulla (liite 1). Lisäksi sovitaan yhdessä joko etukäteen tai elinkaariklinikka-istunnon alussa arvioinnin tavoitteet, painopisteet sekä raportoinnin laajuus.

**Tiedonkeruu:** Kattava ja ajantasainen inventaariotieto arvioitavasta kohteesta on tulosten luotavuuden lähtökohta. Tiedonkeruu onkin siksi tehtävä systemaattisesti ja huolellisesti. Prosessitietojen keräämisestä on hyvä keskustella jo etukäteen ja tiedonkeruulomaketta (liite 2) voidaan täyttää mahdollisuuksien mukaan jo ennen elinkaariklinikka-istuntoa, jolloin istuntoaika voidaan hyödyntää tehokkaammin itse prosessin mallintamiseen ja vaikutusten arviointiin.

**Elinkaariklinikkaistunto:** Arvioitava kohde kuvataan vuokaaviona huomioiden kaikki tarvittavat resurssit (materiaalit ja energia), yksikköprosessit, tuotteet ja ympäristövaikutukset (päästöt ja jätteet). Vuokaavion ja kerättyjen prosessitietojen perusteella prosessi voidaan mallintaa LCA-ohjelmiston ja erilaisten materiaalitietopankkien avulla (kuva 3). Arvioinnin tuloksena saadaan LCA-ohjelmiston ominaisuuksista riippuen erilaisia vaikutuksia esittäviä kuvaajia ja taulukoita (kuva 3), jotka arvioinnin tekijä käsittelee, tulkitsee ja raportoi yrityksen edustajalle sovitun tavoitteenasettelun määräämällä laajuudella. Tulosten raportoinnissa voidaan käyttää apuna lomakepohjaa (liite 3).



Kuva 1. Elinkaariklinikka-toimintamallin vaiheet.

**Tulosten hyödyntäminen:** Arvioinnista saatujen tulosten pohjalta tehdään johtopäätöksiä ja konkreettisia toimenpide-ehdotuksia. Varsinainen tulosten hyödyntäminen ja toteuttamisvaihe jää yrityksen vastuulle.

**Raportointi:** Arvioinnista koostetaan yrityksen käyttöön tuleva raportti. Raportoinnin laajuudesta ja käytöstä sovitaan yhdessä yrityksen ja arvioinnin tekijän kanssa jo klinikan alkuvaiheessa.

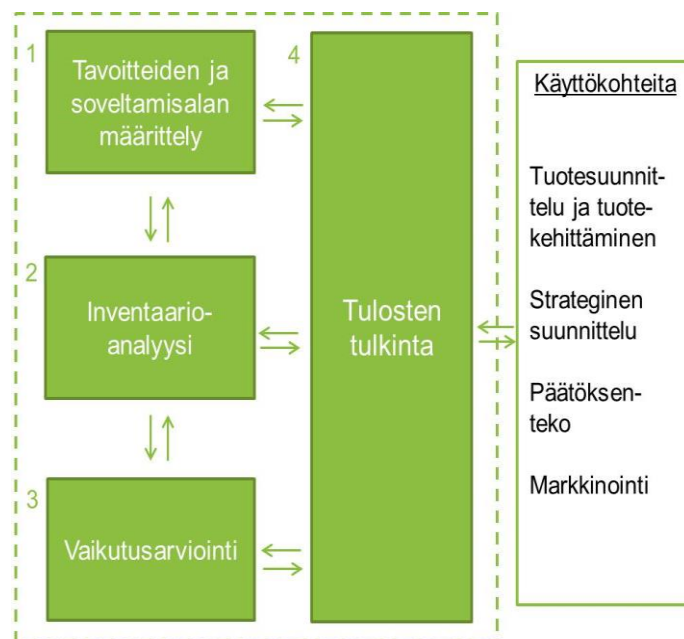
**Palaute:** Osallistuvilta yrityksiltä toivotaan palautetta elinkaariklinikka-konseptista toimintamallin edelleen kehittämiseksi. Arvioinnin eri vaiheisiin liittyvän suoran palautteen lisäksi yrityksille lähetetään lyhyt kyselyn (n. 5 kysymystä) pian klinikkaistunnon jälkeen sekä noin 6 kk kuluttua.

## Perustietoa elinkaariarvioinnista

Kansainväliset ISO-standardit (SFS-EN ISO 14040:2006 ja 144040:2006) ohjaavat arviointia. Standardien mukaiset arvioinnin neljä vaihetta (kuva 2) ovat:

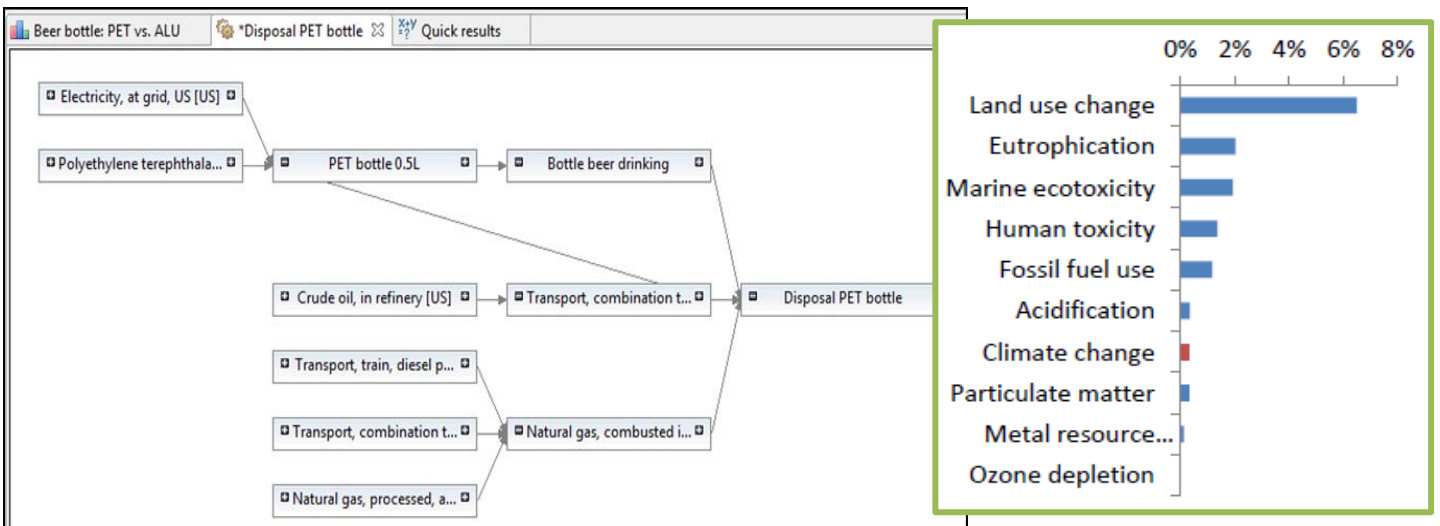
**1) Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely:** arvioinnin tavoitteiden ja soveltamisalan päättäminen, sisältäen mm. arvioinnin syyt, tarkoituksen, yksityiskohtaisuuden, tarkasteluajanjakson, tulosten hyödyntäjät, raportoinnin vaatimukset ja arviointia rajoittavat tekijät Huolellisesti suoritettu määrittelyvaihe selkeyttää ja tehostaa arvioinnin suorittamista.

**2) Inventaarioanalyysi:** tarvittavien tietojen kerääminen koko tuotejärjestelmästä eli yksikköprosesseista, joita materiaali- ja energiavirrat yhdistävät. Nämä tiedot kuvaavat koko tuotteen elinkaaren. Tiedon tarve ja yksityiskohtaisuus määräytyvät arvioinnin soveltamisalan ja tavoitteiden mukaan. Yleensä huomioidaan ainakin keskeisimmät yksikköprosessit. Myös rajaussääntöjä (cut-off rules) käytetään usein: tällöin päätetään esimerkiksi, että vähintään 95 % vaikutuksista on liitettävä arviointiin.



Kuva 2. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja käyttökohteita (ISO 14404:2006).

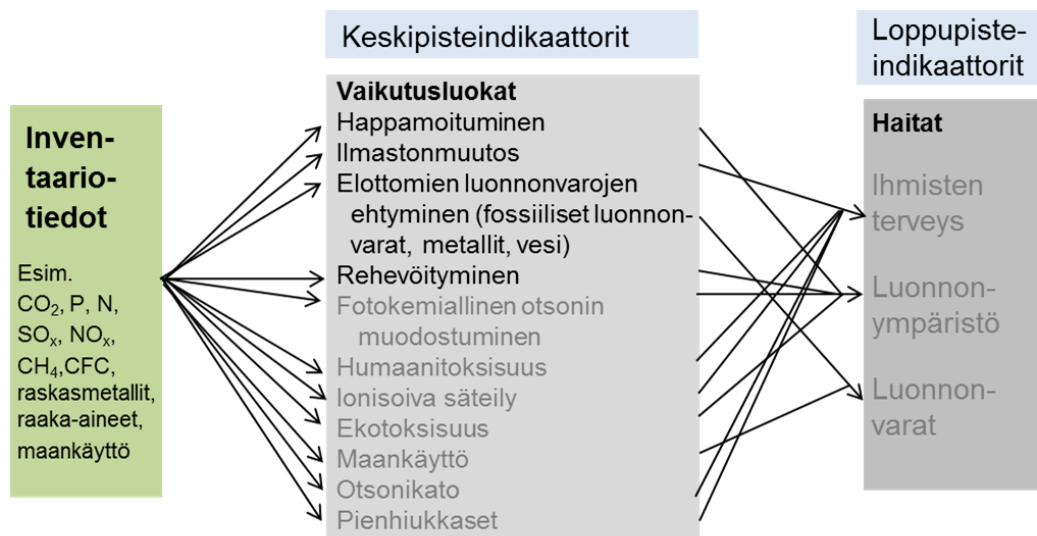
Inventaarioanalyysin perustana on **toiminnallinen yksikkö (functional unit)**. Se on vertailuyksikkö, jonka suhteen inventaariotiedot lasketaan, esim. yksi toiminto tai yksi kilo tuotetta.



Kuva 3. Prosessin mallintaminen openLCA-ohjelmistolla ja esimerkki tuloksista.

3) **Vaikutusarvioinnin** tavoitteena on tarkastella haitallisten toimien (esim. yksikköprosessit) tai päästöjen potentiaalinen vaikutus yleisesti hyväksytyille ns. "suojeltaville kohteille", joita ovat esimerkiksi ihmisten terveys, luontoympäristö ja luonnonvarat (kuva 4). Näitä kohteita nimitetään yleisesti **vaikutusarvioinnin loppupisteiksi**, kun taas potentiaalisia ympäristövaikutuksia kuvataan yleensä **vaikutusarvioinnin keskipisteinä** tai ns. vaikutusluokka-indikaattoreina. Inventaarioanalyysin aikana kerättyjä tietoja käytetään vaikutusarviointivaiheessa, joka suoritetaan yleensä LCA-ohjelmiston ja materiaalitietopankin avulla joko keski- tai loppupistemallinnuksena (kuva 4).

Käytännössä vaikutusarviointi tapahtuu luokittelemalla inventaariotiedot yhteen tai useampaan vaikutusluokkaan. Lisäksi tiedot muunnetaan yhteiseen yksikköön karakterisointikerrointen avulla ja saadut tulokset yhdistetään vaikutusluokan sisällä. Laskennan tuloksena saadaan näin yksittäinen luku, joka kuvaa koko vaikutusluokan indikaattoritulosta.



Kuva 4. Vaikutusindikaattorit elinkaariarvioinnissa. Hankkeessa keskitytään korostettuna merkittyihin vaikutusluokkiin.

Vaikutusarvioinnissa voidaan lisäksi käyttää **normalisointia, ryhmittelyä ja painotusta**. Normalisoinnissa tulokset esitetään suhteessa valittuun vertailuarvoon liittyen esim. arvioitavan kohteen alueellisiin tietoihin. Tulosten suhteuttaminen helpottaa tulosten ymmärtämistä. Ryhmittelyssä vaikutusluokkia lajitellaan eri ryhmiin käyttäen mahdollisesti myös tärkeysjärjestystä. Painotuksessa puolestaan muunnetaan vaikutusluokkien indikaattorituloksia painotustekijöiden avulla. Arvovalinnat, joilla ei usein ole tieteellistä perustaa, vaikuttavat tuloksiin ryhmittelyssä ja painotuksessa, joten niitä tulee käyttää hyvin harkiten sekä selkeästi perustellen ja dokumentoiden.

4) **Tulosten tulkintaan** sisältyy johtopäätösten ja toimenpidesuosituksen tekeminen saatujen tulosten perusteella ja tuloksiin vaikuttavien tekijöiden, tulosten johdonmukaisuuden, täydellisyyden sekä herkkyuden tunnistaminen. Rajoitusten, valittujen menetelmien ja lähtötietojen laadun vaikutukset ja epävarmuuksien analysointi täydentävät tulosten tulkintaa.

**Liite 3.** Tiedonkeruulomake esitiedoille.

TÄYTETÄÄN ENNEN ELINKAARIKLINIKKA-ISTUNTOA (YRITYS)	
Odotukset ja ennakkokäsitykset	
Aiempi kokemus/osaaminen ympäristövaikutusten arviointiin liittyen	Listaa aiemmin tehdyt selvitykset, esim. ympäristöluvut, päästömittaukset, hiilijalanjalan laskenta, materiaaliavirtojen analysointi, elinkaariarviointi.
Ennako-odotukset/ajatukset elinkaariyöskentelystä	Kuvaile odotuksianne ja toiveitanne arviointiin (ja tulosten käyttöön) liittyen.
Tarkasteltava tuote/palvelu ja tavoitteiden määrittely	
Tuotteen/palvelun määrittely (tarkoitus, päätoiminnot)	Kuvaile arvioitavaa tuotetta/palvelua ja sen toimintoja, tarkoitusta ja hyötyä käyttäjälleen.
Asiakkaat ja toiminnan laajuus, kasvuodotukset	Kuvaile asiakkaita, esim. vuosittainen tuotanto/asiakasmäärä, ovatko asiakkaat pääosin koti- vai ulkomailla, yrityksen kasvuodotukset lähivuosina
Tavoitteiden määrittely	
Arvioinnin syyt, toiveet ja tavoitteet/käyttötarkoitus	Kuvaile mihin toivot arvioinnin keskittyvän, esim. keskeisimpien ympäristövaikutusten selvittäminen, prosessi- ja tuotekehityksen (mm. uudet materiaalit tai menetelmät verrattuna nykyisiin) tai muun päätöksenteon tueksi...
Tulosten hyödyntäjät (sisäinen vai julkinen raportti?)	Haluatteko raportista yrityksen sisäisen vai julkisen? Kuka tulee käyttämään tuloksia (esim. tuotesuunnittelu ja -kehitys/tuotanto/markkinointi/ johto (pätöksenteko) /markkinointi, asiakkaat, rahoittajat, sidosryhmät...)
Systeemin rajaus	
Toiminnallinen yksikkö	Kuvaile mitä arvioidaan, esim. yhden (tai useamman, anna lukumäärä) tuotteen tai palvelun valmistus, tai vertailu johonkin toiseen tuotteeseen tai menetelmään jne.
Arvioitava systeemi/ yksikköprosessit	<b>Listataan tarvittavat seuraavista:</b> Raaka-aineiden hankinta (kuljetuksineen) ja esikäsittely, tuotanto, tuotteen jakelu ja varastointi, käyttövaihe, käytöstä poisto (kuljetuksineen)
Vaikutukset, joihin keskitytään erityisesti	Liittyykö tuotteeseen/palveluun erityisiä kemikaali- tai päästöriskejä, joilla voi olla merkittäviä vaikutuksia terveyteen tai ympäristöön?
Inventaariotiedot ja käytettävissä oleva aineisto	
Materiaalit ja resurssit, kuljetukset ym.	Listataan merkittävimmät raaka-aineet ja resurssit. Tietojen keräämiseen lisäksi erillinen lomake (Lomake 2).
Päästöt ja jätteet, epäsuorat vaikutukset (erillinen lomake)	Listataan merkittävimmät päästöt, jätteet ja epäsuorat vaikutukset. Tietojen keräämiseen lisäksi erillinen lomake (Lomake 2).
Mitä aineistoa on käytettävissä (prosessidata ja muut lähteet),	Mittausdata (miltä ajanjaksolta?), alihankkijan toimittamat tiedot, tietopankit, arviot... ilmoita myös aineiston ikä.
Aineiston tarkkuus ja edustavuus, rajoitukset	Arvioi tiedon saatavuutta, aineiston luotettavuutta ja mahdollisia rajoituksia (esim. vanhentunut data)
Aineistoihin liittyvät rajaukset ja oletukset	Käytetään tarvittaessa oletuksia ja arvioita ja kirjataan ne ylös tulosten tarkastelussa ja arvioinnissa käytettäväksi.
Muuta huomioitavaa	Esitä muita huomioita, kommentteja ja kysymyksiä arviointiin liittyen.

## Liite 4. Materiaalitietolomake

### Teolliset symbioosit, materiaalikehitys ja Malli-Y -analyysi Pohjois-Savo –hanke LOMAKE 2: TÄYTETÄÄN ENNEN ELINKAARIKLINIKKA-ISTUNTOA (YRITYS)

Yritys ja lomakkeen täyttäjän yhteystietoineen		Arvioitavan tuotteen/palvelun nimi	Päivämäärä		
Pöytä Oy y-tunnus 12345-6 Toimitusjohtaja N.N. puh. 012-3456789		Toimistopöytä	10.11.2017		
<p><b>Kuvaile lyhyesti arvioitavaa tuotetta/palvelua:</b></p> <p>Muovista ja metalliosista koostuva toimistopöytä. Valmistusmäärä 1000 kpl vuodessa.</p>					
<p><b>Toiminnallinen yksikkö: (Mitä arvioinnissa tarkastellaan? Esim. yhden tuoteyksikön valmistus tai 10 kpl valmistus, huomioidaanko kuljetuksia missä määrin jne.)</b></p> <p>Yhden toimistopöydän valmistus ja pakkaaminen. Rajaus tehtaan portille: raaka-aineiden kuljetukset tehtaalta huomioidaan, mutta kuljetusta asiakkaalle ei huomioida.</p>					
<p><b>Tuotejärjestelmän/yksikköprosessin kuvaus: ilmoita arvioitavaan kohteeseen liittyvät prosessivaiheet ja listaa tarvittavat raaka-aineet ja resurssit alla olevaan taulukkoon</b></p> <p>Pöydän valmistus: Ensin muovigranulaatti ruiskuvalataan pöytätasoksi. Alumiiniset pöydänjalat ruiskumaalataan ja pöytälevyyn kiinnitetään alumiiniset jalkojen kiinnityslevyt teräsruuveilla. Asiakas kiinnittää pöydänjalat itse kotonaan. Lopuksi jalkojen kiinnitysruuvit pakataan ensin muovipussiin ja sitten ruuvipussi, pöytälevy sekä jalat pakataan pahvipakkaukseen.</p>					
Resurssi	Materiaali	Määrä	Kuljetusmatka	Kustannukset	
				Materiaalin hinta	Kuljetus-kustannukset
Raaka-aineet <sup>1</sup>	Muovigranulaatti ja ruiskuvalu	1,0 kg	500 km maantiekuljetus puoliperävaunuyhdistelmä	1,11 euroa (sis. ruiskuvalun)	
	Maali	0,05 kg	Tikkurilan maalitehdas – Joensuu, 400 km maantiekuljetus puoliperävaunu	0,17 euroa	
	Alumiini (kiinnityslevyt) ja alumiinin muotoilu	0,1 kg	Kiina-Joensuu Laiva (Sanghai-Hampuri, 19850 km) - ja autokuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km)	0,19 euroa	
	Teräs (ruuvit)	0,0025 kg	Kiina – Joensuu Laiva (Sanghai-Hampuri, 19850 km) - ja autokuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km)	0,001 euroa	
Pakkaus-	Pahvi (kierrätys-	0,9 kg	200 km, maantiekuljetus,	0,76 euroa	

materiaalit	kartonki)		puoliperävaunu		
	Muovi (polyeteeni)	0,012 kg	20 km, maantiekuljetus, puoliperävaunu	0,0035 euroa	
Sähkö, keskijännite	Käyttökohde: Ruiskumaalaus ja ruuvaus	0,509 kWh + 1,5 kWh = 2,009 kWh	Perussähkö, keskijännite. Esimerkiksi ruuvauksen tehonkulutus: teholtaan 800 W ruuviväännintä käytetään 4 minuutin ajan eli $800/60 \cdot 4 = 53,3$ Wh	0,058 euroa	
Energia (esim. lämmitykseen) <sup>2</sup>	Kaukolämpö	50 kWh	Yritys valmistaa 1000 pöytää vuodessa ja kaukolämmön kulutus on yhteensä 50 000 kWh, jolloin yhdelle pöydälle allokoidaan lämmityksen osuudeksi 50 kWh.	0,077 euroa	
Muut resurssit					
Jätteet	Materiaali	Määrä	Käsittelytapa	Kustannukset	
				Materiaalin hinta/arvo	Kuljetus-kustannukset / jätteenkäsittelymaksu
Ilmoita kiinteät ja nestemäiset jätteet	Pahvi	0,2 kg	Kierrätetään		
	Muovi	0,5 kg	Energiajäte		
Päästöt	Materiaali	Määrä	Käsittelytapa	Kustannukset	
				Materiaalin hinta/arvo	Kuljetus- kustannukset/ jätteenkäsit-telymaksut
Ilmoita päästöt ilmaan, veteen ja maaperään <sup>3</sup>					

<sup>1</sup> Raaka-aineet: mistä materiaaleista/raaka-aineista tuote koostuu? Esim. puu- ja teräsmateriaalit sekä kemikaalit.

Lisätietona voi merkitä sulkujen sisään, mihin tuotteen osaan materiaali kuuluu, esim. teräs (ruuvit).

<sup>2</sup> **Energiamuoto**, esim. biomassa, hiili, maakaasu, propaani, paloöljy, raskas/keskiraskas/kevyt polttoöljy

<sup>3</sup> **Päästöt ilmaan:** esim. epäorgaaniset päästöt: Cl<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, hiukkaset/pöly, F<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HF, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, orgaaniset päästöt: hiilivedyt, PCB, dioksiinit, fenolit ja metallit: Cr, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn

**Päästöt veteen:** esim. BOD, COD, hapot, Cl<sub>2</sub>, CN<sub>2</sub><sup>-</sup>, puhdistusaineet/öljyt, liuenneet orgaaniset aineet, F<sup>-</sup>, Fe-ionit, Hg-ionit, hiilivedyt, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, organokloridit, muut metallit, muut typen yhdisteet, fenolit, fosfaatit, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, suspendoitunut kiintoaine.

**Päästöt maaperään:** esim. mineraalijäte, teollisuussekajäte, kiinteä yhdyskuntajäte, ongelmajätteet (luettele tarkemmin mitä komponentteja sisältää)

**Muut päästöt:** esim. haju, jätelämpö, melu, säteily, värinä.

**EAKR-hanke**  
**Toimintamalli yritysten elinkaaristen ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y)**



Raportti

Einkaariklinikka: Pöydän valmistus

Yrityksen nimi

Pöytä Oy

Arvioinnin suorittajat

N.N. ja N.N.

Einkaariklinikan pvm

11.9.2017



SYKE



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



NAVITAS  
YRITYSPALVELUT

ljalmen  
TEOLLISUUSKYLÄ Oy



SAVONIA  
AMMATTIKORKEAKOULU



## 1 Johdanto

Tämän yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (elinkaariklinikan) suorittivat Suomen ympäristökeskus SYKE ja Pöytä Oy. Arviointi on osa hanketta ”ToimintaMALLI yritysten elinkaaristen Ympäristö-vaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y, 2015–2017)”. Hankkeen rahoittajia ovat Euroopan aluekehitys-rahasto (EAKR), rahoittavana kansallisena viranomaisena Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, sekä SYKE.

Pöytä Oy valmistaa muovista ja metalliosista koostuvia pöytiä Suomen markkinoille. Valmistusmäärä 1000 kpl vuodessa. Tutkijat N.N. ja N.N. olivat vastuussa arvioinnin toteuttamisesta. Toimitusjohtaja N.N. osallistui arviointiin Pöytä Oy:n edustajana.

## 2 Tavoitteet ja soveltamisalan määrittely

Elinkaariklinikan tavoitteena oli arvioida yhden pöydän valmistuksen ja pakkaamisen aikana syntyviä ympäristövaikutuksia yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (streamlined LCA) avulla. Arvioinnissa keskityttiin ilmastomuutokseen liittyviin vaikutuksiin (jatkossa ilmastovaikutukset). Elinkaariklinikan aikana käytiin prosessin materiaalitietoja läpi ja arviointi suoritettiin näiden lähtötietojen (taulukko 1) avulla.

Arvioinnin *toiminnalliseksi yksiköksi* määritettiin **yhden pöydän valmistus ja pakkaaminen**.

## 3 Prosessin mallintaminen ja vaikutusten arviointi

Arvioitava prosessi mallinnettiin openLCA-ohjelmistolla (GreenDelta, versio 1.5.0, ympäristövaikutusten arviointimenetelmänä oli ReCiPe-keskipiste-mallinnuksen hierarkkinen näkökulma<sup>1</sup>). Arvioinnissa käytettiin yritykseltä saatuja materiaalitietoja (taulukko 1) sekä inventaariotietoja (life cycle inventory eli LCI data) Ecoinventin (versio 3.1) tietokannoista. Myös VTT:n tuottaman Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO<sup>2</sup> tietoja käytettiin apuna kuljetusten mallinnuksessa. Muut arvioinnin tukena käytetyt tietolähteet on mainittu erikseen raportin alaviitteissä.

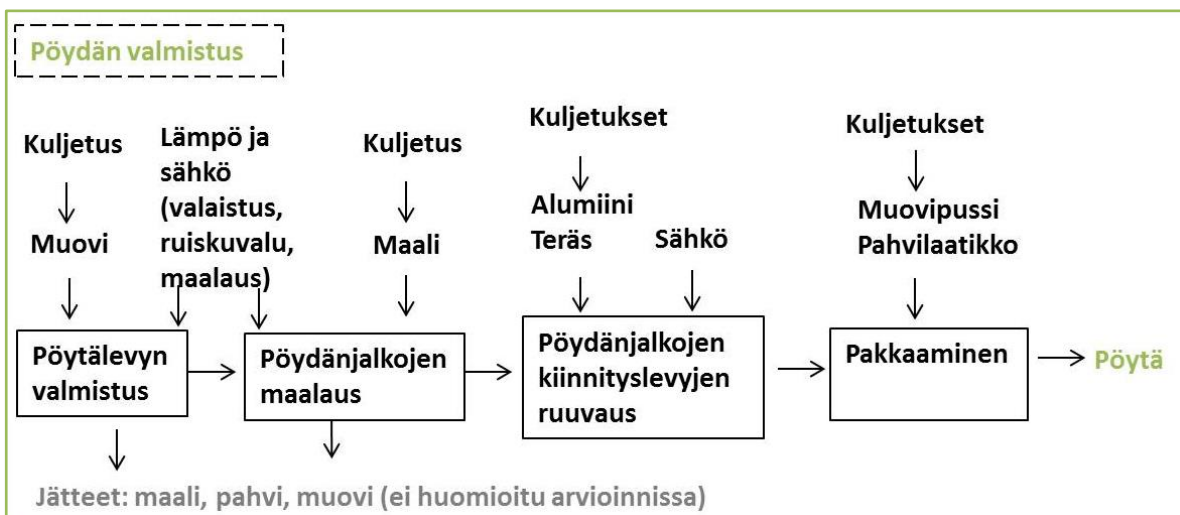
---

<sup>1</sup> Tämä näkökulma huomioi muutosten aiheuttamat vaikutukset ympäristöön keskinkertaisiksi muiden näkökulmien mallintaessa vaikutukset voimakkaammin.

<sup>2</sup> <http://lipasto.vtt.fi/> (viitattu 17.10.2016)

**Taulukko 1.** Pöydän tuotantoon ja pakkaamiseen (kuvitteellinen yritys Pöytä Oy) liittyvät materiaalitiedot.

Raaka-aine/ osaprosessi	Määrä	Alkuperä/kuljetustarve
Muovi (korkeatiheksinen polyeteeni, PE-HD)	1,0 kg	500 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Ruiskuvalu	1,0 kg	
Maali	0,05 kg	Tikkurilan maalitehdas – Joensuu, 400 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Alumiini (kiinnityslevyt)	0,1 kg	Kiina-Joensuu Laiva (RoRo-alus, Sanghai-Hampuri, 19850 km) ja maantiekuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km), puoliperävaunuyhdistelmä
Alumiinin muotoilu	0,1 kg	
Teräs (ruuvit)	0,0025 kg	Kiina - Joensuu Laiva (RoRo-alus, Sanghai-Hampuri, 19850 km) ja maantiekuljetus (Hampuri-Joensuu 1865 km), puoliperävaunuyhdistelmä
Teräksen muotoilu	0,0025 kg	
Pahvi (pakkaus)	0,9 kg	200 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Muovipussi (muovikalvo)	0,012 kg	20 km maantiekuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä
Sähkö (ruiskumaalaus ja ruuvaus)	509 Wh +53,3 Wh = 562,3 Wh	Perussähkö, keskijännite. Esimerkiksi ruuvauksen tehonkulutus: teholtaan 800 W ruuviväännintä käytetään 4 minuutin ajan eli $800/60*4=53,3$ Wh
Lämmitys	50 kWh	Kaukolämpö. Yritys valmistaa 1000 pöytää vuodessa ja kaukolämpölasku on yhteensä 50 000 kWh, jolloin yhdelle pöydälle allokoidaan lämmityksen osuudeksi 50 kWh.
Kuljetukset	$1*500+0,05*400+0,1*1865+0,0025*1865+0,9*200+0,012*20 = 891,4025$ g*km	Maantiekuljetus: puoliperävaunuyhdistelmä, EURO5, täysi kuorma
	$0,1*19850 + 0,0025*19850 = 2034,625$ kg*km	Merikuljetus: RoRo-alus



**Kuva 2.** Yksinkertaistettu prosessikaavio mallintamisen tueksi.

## Rajaukset

Ruuvaukseen ja ruiskumaalaukseen tarvittavan sähkön määrä arvioitiin työajan ja laitteiden tehon perusteella. Pakkausmateriaalien ja alumiinin oletettiin olevan neitseellisiä materiaaleja.

## 4 Ilmastovaikutukset

Yksinkertaistetun LCA-arvioinnin myötä tarkastelussa keskityttiin ilmastovaikutuksiin. Tulokset on esitetty hiilidioksidi-ekvivalenttina (CO<sub>2</sub>-ekv.) eli kaikkien ilmaston-muutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasupäästöjen (esim. hiilidioksidi, metaani, dityppimonoksidi) yhteismitallistettuna summana. Kullakin kasvihuonekaasulla on oma lämmityspotentialikerroin (global warming potential eli GWP-kerroin), joka huomioi kaasujen viipymäajat ilmakehässä sekä kaasujen lämpösäteilyn läpäisyominaisuudet ilmakehässä. Kasvihuonekaasun määrä suhteutetaan hiilidioksidin lämmitysvaikutukseen tietyllä ajanjaksolla (yleensä 100 vuotta). Esimerkiksi metaanin GWP-kerroin sadan vuoden ajalta kumulatiivisesti laskettuna on 28, eli metaanin lämmitysvaikutus on 28-kertainen hiilidioksidin verrattuna.<sup>3,4</sup>

Arvioinnin tulokset on esitetty kuvassa 3.

---

<sup>3</sup> <http://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Geofysiikka:l%C3%A4mmityspotentiaali>, viitattu 12.9.2017.

<sup>4</sup> Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Kohc, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T. & Zhang, H. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Julk.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M, Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A, Xia, Y, Bex, V. & Midgley, P.M. (eds). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. S. 659-740. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, viitattu 12.9.2017.

### Kuva 3. Pöydän valmistukseen ja pakkaamiseen liittyvät ilmastovaikutukset (Pöytä Oy).

Impact category		Climate Change		
Contribution	Process	Amount	Unit	
100.00%	Esimerkki_Pöytä	7.26056	kg CO2 eq	
> 26.61%	polyethylene production, high density, granulate - RER	1.93199	kg CO2 eq	
> 23.35%	aluminium ingot, primary, to aluminium, cast alloy market - GLO	1.69555	kg CO2 eq	
> 15.07%	injection moulding - RER	1.09421	kg CO2 eq	
> 14.87%	corrugated board box production - RER	1.07942	kg CO2 eq	
> 05.60%	metal working, average for aluminium product manufacturing - RER	0.40685	kg CO2 eq	
> 04.39%	Transport, RoRo	0.31856	kg CO2 eq	
> 03.52%	alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state - RER	0.25535	kg CO2 eq	
> 03.04%	market for electricity, medium voltage - FI	0.22087	kg CO2 eq	
02.42%	Heat, district heating	0.17600	kg CO2 eq	
> 00.62%	Transport, semi trailer, 40 t	0.04465	kg CO2 eq	
> 00.48%	packaging film production, low density polyethylene - RER	0.03481	kg CO2 eq	
> 00.02%	steel production, electric, low-alloyed - RER	0.00124	kg CO2 eq	
> 00.01%	wire drawing, steel - RER	0.00107	kg CO2 eq	

Yhden pöydän valmistuksesta ja pakkaamisesta aiheutuvat ilmastovaikutukset ovat noin 7,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv. joka vastaa noin 43,7 km henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>5</sup>.

Muoviosat aiheuttavat merkittävän osan ilmastovaikutuksista (PE-LD -muovin valmistus 26,6 % ja ruiskuvalu 15,1 %) eli yhteensä 41,7 % ilmastovaikutuksista. Alumiinin valmistuksen osuus on 23,4 % ja alumiinin työstämisen osuus 5,6 % eli yhteensä 29,0 %. Pakkausmateriaalien osuus on yhteensä 15,4 %, joka jakaantuu pahvilaatikon (14,9 %) ja muovikalvon (0,5 %) aiheuttamiin vaikutuksiin. Kuljetusten osuus yhteensä 5,0 %. Kuljetusten ilmastovaikutuksista suurin osa aiheutuu teräsosien kuljetuksesta meriteitse. Ruiskumaalauksessa käytettävän maalin osuus on 3,5 % ilmastovaikutuksista ja sähkön osuus 3,0 % ja lämmityksen osuus 2,4 %. Ruuvien valmistuksen osuus on 0,03 %.

Kaikkiaan raaka-aineiden osuus ilmastovaikutuksista on 74,2 %, pakkaamisen (sis. pakkausmateriaalit) 15,4 %, kuljetusten 5,0 %, sähkön 3,0 %, lämmön 2,4 %.

Kustannukset elinkaaritietokantojen mukaan yhdelle pöydälle ovat 2,36 € (kuva 4). Pahvi, muovi ja muovin muotoilu ovat yhteensä lähes 80 % kustannuksista. Näiden jälkeen merkittävimmät ovat maali (7,1 %) ja alumiini (5,5 %), joiden jälkeen muut resurssit tekevät yhteensä alle 10 % kustannuksista.

### Kuva 4. Pöydän valmistukseen ja pakkaamiseen liittyvät kustannukset.

Cost category		\$¥ Net-costs		
Contribution	Process	Amount	Unit	
-100.00%	Pöytä_kustannukset	-2.36122	EUR	
-00.01%	wire drawing, steel   wire drawing, steel   APOS, S - RER	-0.00014	EUR	
-00.05%	steel production, electric, low-alloyed   steel, low-alloyed   APOS, S - RER	-0.00117	EUR	
> -00.20%	Transport, semi trailer, kantavuus 25 t, full (EURO5), FI	-0.00464	EUR	
-00.58%	transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   APOS, S...	-0.01377	EUR	
-01.51%	packaging film production, low density polyethylene   packaging film, low density polyethylene   APOS, ...	-0.03564	EUR	
-01.62%	heat and power co-generation, hard coal   heat, district or industrial, other than natural gas   APOS, S - FI	-0.03816	EUR	
-02.26%	metal working, average for aluminium product manufacturing   metal working, average for aluminium p...	-0.05340	EUR	
-02.38%	market for electricity, medium voltage   electricity, medium voltage   APOS, S - FI	-0.05620	EUR	
-05.51%	aluminium ingot, primary, to aluminium, cast alloy market   aluminium, cast alloy   APOS, S - GLO	-0.13000	EUR	
-07.14%	alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state   alkyd paint, white, without w...	-0.16850	EUR	
-15.29%	injection moulding   injection moulding   APOS, S - RER	-0.36100	EUR	
-31.30%	polyethylene production, high density, granulate   polyethylene, high density, granulate   APOS, S - RER	-0.73900	EUR	
-32.17%	corrugated board box production   corrugated board box   APOS, S - RER	-0.75960	EUR	

<sup>5</sup> Perustuu vuoden 2011 tietoihin (167 g CO<sub>2</sub>-ekv./km) Suomen henkilöautojen keskimääräisistä päästöistä ja energiankulutuksesta <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilootot/hayht.htm> (viitattu 12.5.2017).

## - 5 Yhteenveto tuloksista ja toimenpide-ehdotukset

Pöytä Oy:n yhden pöydän valmistuksen ja pakkaamisen ilmastovaikutukset ovat yhteensä noin 7,1 kg CO<sub>2</sub>-ekv. joka vastaa noin 42,5 km henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>5</sup>.

Ilmastovaikutuksia voitaisiin pienentää käyttämällä kierrätettyä alumiinia tai vähäpäästöisempää materiaalia. Sähkön vaihtaminen uusiutuvilla energialähteillä tuotettuun vihreään sähköön pienentäisi ilmastovaikutuksia noin 3,0 %. Lisäksi muovimateriaalin (korkeatiheksinen polyeteeni) vaihtaminen esimerkiksi kierrätysmuoviin pienentäisi ilmastovaikutuksia.

**Huomio!** Arvioinnin tulokset perustuvat yrityksen toimittamiin inventaariotietoihin arvioitavasta prosessista. Raportti on tarkoitettu käytettäväksi tutkimus- ja tuotekehitystehtäviin ja yrityksen päätöksenteon tueksi. Raporttia ei saa käyttää markkinointitarkoituksiin tai suoraan kommunikointiin kuluttajien kanssa, sillä näitä tarkoituksia varten tulee tehdä ISO-standardin mukainen, yksityiskohtaisempi elinkaariarviointi.



S Y K E



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



NAVITAS  
YRITYSPALVELUT



Iisalmen  
TEOLLISUUSKYLÄ Oy



SAVONIA  
AMMATTIKORKEAKOULU