

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma

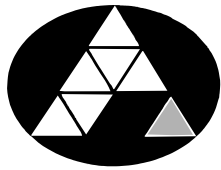
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Timo Hassinen

YMPÄRISTÖLASKENTA RAKENTAMISEN PÄÄTÖKSENTEON TYÖKALUNA

Opinnäytetyö

Lokakuu 2012



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULLU

**OPINNÄYTETYÖ**

**Lokakuu 2012**

**Teknologiaosaamisen johtami-  
sen koulutusohjelma**

**Karjalankatu 3**

**80200 Joensuu**

**p. (013) 260 6800**

Tekijä(t)

Timo Hassinen

Nimeke

Ympäristölaskenta rakentamisen päätöksenteon työkaluna

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin mahdollisuutta liittää ympäristölaskenta rakentamisen päätöksenteon apuvälineeksi. Työn tavoitteena on edistää ympäristöystävällisten materiaalien käyttöä rakentamisessa.

Tässä opinnäytetyössä tehdään ensin katsaus ympäristölaskentaan rakentamisessa ja erilaisiin kustannuslaskennan sovelluksiin. Näiden pohjalta pohditaan, mitä edellytyksiä järjestelmien integroinnille on olemassa. Tärkeä näkökulma on ympäristötiedon käytettävyys kaikissa rakentamisen elinkaaren vaiheissa aina rakennuksen suunnittelusta sen purkamiseen asti.

Tällä hetkellä ympäristölaskennassa tehdään laskelmia rakennushankkeesta jälkikäteen, joilla ei ole vaikutusta itse rakennushankkeen toteuttamista ajatellen. Materiaaleihin ja työvaiheisiin liittyvä ympäristötieto on hajallaan ja niiden käyttö edellyttää erityisosaamista, joka ei kuulu suunnittelijoiden koulutukseen. Tämän seurauksena rakennuksista tuotettu ympäristötieto on valikoivaa ja tapauksia kuvailevia esimerkkejä on hankala hyödyntää.

Jatkossa on tarve kehittää avoin rakennushankkeen eri vaiheissa hyödynnettävissä oleva kustannuslaskentaan ja BIM-tietomalliin integroitu ympäristötietojärjestelmä. Sen tulee kattaa laskentavälineiden lisäksi avoin ympäristötietokanta, jota voidaan hyödyntää rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa.

Kieli

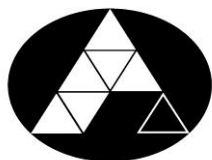
Sivuja 72

Suomi

Liitteet 2

Asiasanat

Elinkaarilaskenta, ympäristölaskenta, ympäristöseloste, ympäristövaikutus



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**October 2012**  
**Degree Programme in Knowledge Management**  
Karjalankatu 3  
**FIN 80200 JOENSUU**  
**FINLAND**  
**Tel. 358-13-260 6800**

**Author(s)**

**Timo Hassinen**

**Title**

**Environmental accounting as a tools for construction in the decision-making**

**Abstract**

It was found out the thesis opportunity to include environmental accounting as tools for construction management. The aim of the thesis is to promote the use of the environmental friendly materials in the construction.

In this thesis overview is made in environmental accounting and in different types of cost accounting applications. On the basis of these is considered what conditions there is for system integration. The important of aspect is the availability of the environmental information in all stages from designing of the building to its demolition.

At the moment the calculations of the construction project are made afterwards in the environmental accounting and they don't have any impact on the implementation of the construction project itself. The environmental information related materials are scattered and using of them requires expertise, which is not part of the designers' education. As a result of this produced environmental information from the buildings is selective and described examples of the cases are difficult to be utilized.

In the future there is the need to develop an open, at the different stages of the construction project cost calculation of exploitable and BIM-based model for integrated environmental information system. It should cover, in addition to the open environment of the database the calculation tools, which can be exploited at every stage of the building project.

**Language**

Pages 72

**Finnisi**

Appendices 2

**Keywords**

Life-cycle accounting, environmental accounting, environmental reports, environmental impact

# Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto .....	4
2 Ympäristölaskenta päätöksenteon apuna .....	7
2.1 Tausta .....	7
2.2 Tavoitteet .....	11
2.3 Menetelmät ja rajaukset .....	12
3 Rakentamisen ympäristölaskennan nykytila .....	14
3.1 Elinkaari- ja ympäristölaskenta .....	14
3.2 Ympäristökuormitusten laskennan säädökset.....	19
3.3 Käytössä olevat ympäristölaskurit.....	22
3.3.1 Työkalujen kansainvälinen kehitys.....	24
3.3.2 Työkalujen kotimainen kehitys .....	29
3.4 Ympäristölaskurin kehittämiseen liittyvät toimijat .....	34
3.5 Ympäristötiedon avoimuus.....	36
4 Kustannuslaskennan nykytila.....	38
4.1 Yleistä kustannuslaskentaohjelmista .....	38
4.2 Kustannuslaskentaohjelmat ja niiden sisältö.....	39
5 Ympäristölaskennan tietotarpeet.....	43
5.1 Rakentamisen tietoformaatit .....	43
5.1.1 IFC-formaatti .....	43
5.1.2 Talo2000, Talo90 ja Talo80 nimikkeistöt.....	45
5.1.3 RT-kortistot .....	46
5.2 Rakennusmateriaalien ympäristökuormitusten tietokannat .....	47

5.3 Tietokannat yhdistävä rajapinta kustannuslaskentaan .....	50
6 Kustannuslaskentaohjelmien ja ympäristölaskurin integrointi .....	52
6.1 Ympäristölaskurin sisältö .....	52
6.2 Ympäristölaskurin integrointi kustannuslaskentaohjelmiin .....	55
7 Yhteenveto ja pohdinta .....	59
7.1 Kustannus- ja ympäristölaskennan integroinnin hyödyt ja toteutetta- vuus .....	59
7.2 Ratkaistavia ongelmia rakentamisen ympäristölaskennan käyttööno- tossa .....	62
Lähteet.....	64

## Liitteet

Liite 1	Rakentamisen ympäristövaikutusten arviointityökalut
Liite 2	Esimerkki ympäristöselosteesta

Työssä käytetyt käsitteet

<b>TERMI</b>	<b>MÄÄRITELMÄ</b>
<b>Elinkaari (tuotteen)</b>	Vaiheet raaka-aineiden hankinnasta tai luonnonvarojen tuottamisesta loppukäsittelyyn
<b>Elinkaarilaskenta</b>	Elinkaarilaskenta on teknisesti ajatellen rakentamisesta syntyvien potentiaalisten vaikutusten arviointia koko rakennuksen elinkaaren ajalta.
<b>Kustannuslaskenta</b>	Määritetään, kootaan, lajitellaan ja suoritetaan erilaisia taloudellisia laskutoimituksia
<b>Päästö</b>	Palamisen, haihtumisen, liukenemisen tai muun seurauksena maahan, veteen tai ilmaan aiheutuva kaasumainen, nestemäinen tai hiukkasmainen ainevirta. Myös kiinteät jätteet voidaan lukea mukaan päästöihin.
<b>Raaka-aine</b>	Tuotteen tuottamiseksi käytettävä ensisijainen tai toissijainen materiaali
<b>Rakentamisen ympäristövaikutus</b>	Rakentamisen aiheuttama muutos ympäristössä
<b>Toiminnallinen yksikkö</b>	Toiminnalliset vaatimukset täyttävä rakenne/tuote/tuoteyksikkö. Kun kahta samaan tarkoitukseen käytettävää tuotetta/yksikköä verrataan keskenään tulee esim. seinäelementissä tietyllä alueella (seinä/m <sup>2</sup> ) olla sama palonkestoluokka, u-arvo jne..
<b>Ympäristö</b>	Organisaation toimintaolosuhteet, joihin sisältyvät ilma, vesi, maa luonnonvarat, kasvi- ja eläinkunta, ihmiset ja näiden väliset vuorovaikutukset
<b>Ympäristökuormitus</b>	Maahan, veteen ja ilmaan kulkeutuvat haitalliset päästöt
<b>Ympäristölaskenta</b>	Ympäristövaikutusten laskentaa erillään taloudellisista ja sosiaalisista vaikutuksista
<b>Ympäristöpaine</b>	Rakentamisen ympäristövaikutuksia ilmaistaan rakentamisen aiheuttamalla ympäristöpaineella. Rakentamisen aiheuttama ympäristöpaine jäsenellään neljään osakokonaisuuteen, joita ovat <ul style="list-style-type: none"> <li>- maan käyttö,</li> <li>- luonnon materiaaliressurssien käyttö,</li> <li>- energiaressurssien käyttö ja</li> <li>- haitalliset päästöt.</li> </ul>
<b>Ympäristöprofiili</b>	Luettelo tuotteen elinkaaren aikana aiheuttamista ympäristöpaineista ilmoitettuna määriteltyä tuoteyksikköä kohden
<b>Ympäristörasitus</b>	Ulkoisen ympäristön aiheuttama turmeleva vaikutus tuotetta kohtaan
<b>Ympäristöseloste</b>	Seloste, jossa esitetään tuotteen ympäristöpaineet arvioituna elinkaari-inventaarion pohjalta siihen ajankohtaan asti, jolloin tuote on valmis jakeluun (tehtaan portille). Ympäristöselosteessa kerrotaan lisäksi valmistajan ohjeet kuljetus-, rakennus- ja käyttövaiheen ympäristöpaineiden laskemiseksi sekä valmistajan ohjeet tuotteen loppusijoitukseen tai kierrätykseen.
<b>Ympäristövaikutus</b>	Muutos ympäristössä. Mikä tahansa haitallinen tai hyödyllinen muutos ympäristössä, joka on kokonaan tai osittain organisaation toimintojen, tuotteiden tai palvelujen seurauksena.

Kuvio 1. Rakentamisen elinkaari- ja ympäristölaskennan käsitteitä (Rakennustietosäätiö RTS 2001).

## 1 Johdanto

Rakennuksen elinkaari ja etenkin siihen liittyvien ympäristövaikutusten arviointiin liittyvät asiat ovat olleet viime vuosien aikana voimakkaasti esillä. Tämä on seurausta siitä keskustelusta, jota on käyty ilmastomuutoksesta ja sen vaikutuksesta maapallon olosuhteisiin.

Rakentamisen ja asumisen ympäristövaikutuksilla on laajaa yhteiskunnallista merkitystä. Asumiseen liittyvät ilmastovaikutukset aiheuttavat noin kolmanneksen Suomen kaikista ilmastovaikutuksista. Rakennusten osuus koko Suomen energiankäytöstä on lähes 40 prosenttia. Tämän lisäksi rakennustarvikkeiden valmistuksen arvioidaan aiheuttavan kasvihuonepäästöistä noin 5 prosenttia. Puu rakennusraaka-aineena aiheuttaa selvästi pienemmät energia- ja luonnonvarojen kulutukset sekä kasvihuonekaasupäästöt kuin betoni ja teräs. Tähän johtopäätökseen päädytään Suomen ympäristökeskuksen tuottamassa raportissa, jossa vertailtiin eri rakennusmateriaaleja ympäristövaikutusten kannalta. (Puuinfo Oy 2011.)

Tämä on johtanut myös siihen, että rakennuslainsäädännössä on kiinnitetty huomiota entistä enemmän rakennusten energian käyttöön ja niiden aiheuttamaan ympäristökuormitukseen. Nämä näkökohdat ovat olleet lähtökohtana rakentamisen ympäristölaskennan ja siihen liittyvien ympäristölaskureiden ja aineistojen kehittämiseksi.

Ympäristönäkökohdat otetaan huomioon, kun tehdään rakennushankkeita koskevia päätöksiä. Rakennusalalta ovat toistaiseksi puuttuneet kokonaan yhtenäiset ympäristölaskennan käytännöt lukuunottamatta rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä näkökohtia. On selkeä tarve kehittää eri toimijoiden kanssa yhdessä sovittu laskentamalli, jossa lähtötiedot ovat läpinäkyviä ja liittävät ympäristölaskenta hankkeen suorituskyvyn kokonaisarviointiin.

Ympäristölaskenta ei koske pelkästään uudisrakentamista, vaan korjaushankkeiden skaala arvolla mitattuna on yhtä laaja kuin uudisrakentamisessa, mutta sisällön variaatiot moninkertaiset, koska korjauksen kohteena on eri aikakausina rakennettuja kohteita ja alueita. Tästä syystä on melko vähättelevää pitää korjausrakentamista vain uudisrakentamisen suhdannevaihteluita tasaavana varamarkkinana. Tällä perusteella korjausrakentaminen on otettava osaksi ympäristölaskentaa. (Airaksinen, Hietanen, Manninen, Reijula & Vainio 2011, 45.)

Rakentamisen ympäristövaikutukset ovat nousseet Suomessakin aktiiviseen keskusteluun. Elokuussa 2012 uusi asuntonministeri Krista Kiuru painotti Puuinfole antamassaan haastattelussa sitä, että yhteiskunnan tulee omilla ohjauskeinoillaan suosia ympäristövaikutuksiltaan edullisempia rakentamisen vaihtoehtoja. ”Energiatehokkuuden ja elinkaariajattelun tulee ulottua kaikkeen rakentamiseen alkaen maankäytöstä ja kaavoituksesta ja päätyä julkiseen ja korjausrakentamiseen sekä kaikkeen asuntotuotantoon”, sanoi Kiuru. (Puuinfo Oy ajankohtaista 2011.)

Myös Työ- ja elinkeinoministeriö on laatinut ”Suomen kansallinen puupohjaisten tuotteiden julkisten hankintojen politiikka” -raportin (TEM, 17.6.2010), joka antaa suosituksia kestävien puupohjaisten tuotteiden hankintaan.

Ympäristökeskuksen tuottama raportti Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa (SYKE 16/2011) tukee uuden hallitusohjelman linjauksia ja painottaa rakentamisen ja asumisen merkitystä osana ilmastomuutoksen torjuntaa. Raportti on syntynyt osana tutkimuslaitosten ja yritysten yhteistä TEKES-hanketta, jossa tuotetaan elinkaari pohjaista tietoa ja työvälineitä uusien materiaalien ympäristötehokkuuden arviointi- ja kehitystyöhön. (Puuinfo Oy ajankohtaista 2011.)



Metlassa on aloitettu vuonna 2010 hanke, jonka tarkoituksena on ollut kehittää ympäristölaskentaa päätöksen teon avuksi. Tavoitteena on edistää puunkäyttöä rakentamisessa kuitenkin siten, että ensisijaisesti otetaan huomioon rakentamisen lähtökohdista lähtevät tarpeet, joihin puu rakennusmateriaalina soveltuisi parhaiten. Puun käyttöä rakentamisessa tukee se, että se on uusiutuva ja ympäristöystävällinen materiaali.

Tässä opinnäytetyössä tehtävä selvitys ympäristölaskentajärjestelmäksi on osa kestävän kehityksen edistämiseen tähtäävää työtä. Työn lähtökohtana on voimassa oleva lainsäädäntö sekä kansainväliset ja kansalliset kestävän kehityksen edistämiseen tähtäävät ohjelmat.

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen eli Metlan kanssa. Metsäntutkimuslaitos (Metla) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio. Metla on maa- ja metsätalousministeriön alainen puolueeton valtion tutkimuslaitos. Sen tehtävänä on kehittää ratkaisuja metsien hoitoa, käyttöä, tuotteita, palveluja ja aineettomia arvoja koskeviin haasteisiin ja kysymyksiin.

## 2 Ympäristölaskenta päätöksenteon apuna

### 2.1 Tausta

Rakennuksen elinkaaren tarkastelussa on viime vuosina kiinnitetty entistä enemmän huomiota niiden aiheuttamiin ympäristökuormituksiin ja sitä kautta niiden laskentamallien kehittämiseen. Tämän seurauksena on tullut tarve selvittää ympäristölaskennan kokonaistilanne ja tehdä konkreettinen malli ja esitys ympäristölaskennan toteuttamiseksi rakennusalalla siten, että se palvelisi päätöksentekoa rakentamisen ja rakennuksien käytön eri vaiheissa.

Rakentamisen elinkaari alkaa rakentamiseen tarvittavien raaka-aineiden hankinnasta ja ulottuu aina rakennuksen purkamiseen ja loppusijoittamiseen asti. Elinkaarilaskenta kuvaa eri vaiheessa syntyviä ympäristövaikutuksia. Rakennusten elinkaarellisten vaikutusten laskentaan on kehitetty useita eri vaihtoehtoisia malleja. Ympäristölaskentaa ei ole integroitu rakentamisen päätöksen teossa käytettäviin kustannuslaskentaohjelmistoihin. Tämä tekee päätöksentekijän kannalta tilanteen hyvin hankalaksi, koska hänelle ei muodostu kokonaiskäsitystä rakentamisen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta.

Tätä näkökulmaa tukee Rakennuslehden uutinen 15.12.2011. Sitran Energiaohjelman johtaja Jukka Noposen toteaa seuraavaa: ”Yhtenäiset laskentatavat puuttuvat vielä kokonaan. Olisi tärkeää, että olisi yhdessä sovittuja tapoja hiilijalanjäljen laskemiseen. Tärkeintä kuitenkin on se, että lähtötiedot ovat läpinäkyviä.” Myös Sitran Energiaohjelmasta tekniikan tohtori Jarek Kurnitski toteaa: ”Laskemiseen tarvittaisiin kansallisia ohjeita ja standardeja. Nyt on liian helppoa manipuloida tuloksia muuttamalla lähtötietoja ja laskemalla osakokonaisuuksia. Finnish Green Council on aloittanut Värkki-projektin, jossa yhteisiä pelisääntöjä pyritään luomaan.” (Rakennuslehti 2011.)

Yhteisiä pelisääntöjä on kehitetty myös EU:n tasolla. Uudet eurooppalaiset standardit CEN (sustainability of construction works) ovat julkaisuvaiheessa, millä pyritään yhtenäistämään käytäntöjä rakennustuotteiden ja rakennusten ympäristölaskennan osalta.

Rakentamisen elinkaarilaskentaa on selvitelty Suomessa 1990-luvulta lähtien Teknisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa tehdyissä tutkimuksissa. Niissä luotiin ensimmäiset laskentamallit rakennusosien elinkaarilaskennan aiheuttaman ympäristökuormitusten laskentaan. (Saari 2001, 3.)

Ympäristölaskureita elinkaaren eri vaiheisiin on kehitetty ns. kertarakentajille lähinnä pientalohankkeisiin esim. Rakennustarkastusyhdistys RTY:n Rakentajan ekolaskuri. Rakentamisen ammattilaisille on taas enemmän yksityiskohtiin meneviä monipuolisempia ympäristölaskureita esim. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämä Synergia Hiilijalanjälki-työkalu.

Eurooppalainen WoodWisdom-Net hanke, Wood in Carbon Efficient Construction €CO<sub>2</sub> kehittää mallia ympäristötiedon integrointiin rakennuksen tuotemallijärjestelmään (rakennuksen tuote- tai tuotetietomalli, engl. Building Information Model BIM). Ympäristölaskentaa varten on kehitetty myös uusien rakennusten osalta energiatehokkuutta osoittavia laskentamalleja, jotka ottavat huomioon vain rakennuksen energian käytön, mutta eivät ota kantaa varsinaisesti siihen, mistä materiaalista rakennus on tehty ja minkälaisia vaikutuksia valitulla rakennusmateriaalilla on ympäristöön. Näistä energiatehokkuuslaskureista ovat esimerkkinä Oulun rakennusvalvonnan kehittämä Energiajuniori-laskuri ja lisäksi Motivan sivuilla on tietoa energiatodistuksesta ja laskureita rakennuksen energian käyttöön ja neuvoja energiatodistuksen hankintaan. Näitä ja muita elinkaarilaskennan välineitä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin luvussa 3.

Opinnäytetyössä on huomioitu Suomen ympäristökeskuksen raportit 16/2011 (Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa) ja Rakennussäätiön ympäristöseloste (Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet). Lisäksi työssä on myös huomioitu ISO-14000 sarjan ympäristöjohtamisen standardit, erityisesti ISO-14025-ympäristöselosteet, samoin uudet eurooppalaiset julkaisuvaiheessa olevat standardit.

Rakennushankkeen johtamisen näkökulmasta ympäristölaskentaa ei voi käsitellä kokonaan erillisenä järjestelmänä. Sen pitäisi tuottaa jotain lisäarvoa rakennuttajalle, tai ainakaan se ei saisi tuottaa merkittäviä lisäkustannuksia. Tämän työn keskeinen tavoite on selvittää rakennusprojektin ja rakennuksen suorituskyvyn hallinnan olemassa olevat työkalut ja mahdollisuudet integroida ympäristölaskenta niihin.

Jotta rakennushanke olisi kokonaisuutta ajatellen kustannuksiltaan, ympäristövaikutuksiltaan ja tilaratkaisuiltaan onnistunut, niin sen täytyy täyttää tietyt reunaehdot tilojen käytettävyyden, talouden, ympäristön ja sosiaalisten vaatimusten kanssa. Nämä reunaehdot on määritelty rakennuslainsäädännössä ja erilaisissa rakennusalaan koskevilla normeilla.

Hankkeen suorituskyvyn hallintaa varten tarvitaan ainakin seuraavia työkaluja:

- tilaohjelman ja sen tehokkuuden arviointi
- kustannuslaskentajärjestelmä, jolla määritetään rakennus- ja elinkaari-kustannukset
- energiatalouden määrittely
- ympäristölaskentajärjestelmä
- aikataulun hallintatyökalu.

Rakennushankkeen hallinnan tarkoituksena on saavuttaa asetetut tavoitteet kohtuullisilla menoilla. Se edellyttää tarkkaa hankkeen tavoitteiden määrittelyä ennen rakennuksen suunnittelua ja rakentamista. Tämän jälkeen talouden hallinta on johtamiskysymys. (Haahtela & Kiiras 2007, 27.)

Suunnitteluvaiheessa rakennukselle määritellään ns. tavoitehinta, joka on rakennuksen kattohinta, minkä se saisi maksaa. Samat vaatimukset koskevat myös muita rakennushankkeen suorituskyvyn elementtejä; erityisesti ympäristölaskentaa. Suorituskyvyn mittarit eivät ole toisistaan riippumattomia. Erityisesti tilaohjelmat ja käytetyt rakenneratkaisut vaikuttavat muihin mittareihin.

Kustannus- ja ympäristölaskennalla on yhteinen näkökulma, rakennuksen materiaalijakauma ja -määrä ja rakennuksen käytönaikainen ylläpito. Tämä mahdollistaa niiden rinnakkaisen tarkastelun, joko rakennuskustannuksina ja rakennuksen ympäristövaikutuksina tai elinkaarikustannuksina ja elinkaarisisina ympäristövaikutuksina. Kustannuslaskentaohjelmistoja on kehitetty siten, että ne palvelevat rakennushankkeita niiden eri vaiheissa kulloistenkin tarpeiden mukaan. Samoin ympäristölaskennan tulisi olla sillä tasolla, että se palvelee joustavasti rakennushankkeen eri vaiheita.

Ympäristölaskenta ei saisi edellyttää uusien toimintojen opettelua, eikä tuottaa merkittäviä lisäkustannuksia. Kehitettävän ympäristölaskurin pitäisi olla käytettävyydeltään ja käyttöliittymältään selkeä ja yleispätevä, jonka voisivat hyväksyä kaikki rakennushankkeissa mukana olevat osapuolet. Lisäksi sen tulee tulevaisuudessa olla osa rakennuksen tuotemallijärjestelmää (rakennuksen tuote- tai tuotetietomalli, engl. Building Information Model, BIM).

Wood Focus Oy käynnisti vuonna 2003 hankkeen, jonka tavoitteena oli päivittää puurakentamisen kustannustietous julkisesti saatavissa oleviin tiedostoihin (Olenius 2005).

Tällä Wood Focus Oy:n päättyneellä hankkeella on paljon yhtäläisyyksiä nyt tehtävän opinnäytetyön kanssa. Tässä opinnäytetyössä pyritään kuitenkin selvittämään ympäristötiedon liittämismahdollisuudet päätöksenteon apuvälineeksi riippumatta käytetystä rakennusmateriaalista. Rakentamisen elinkaari- ja ympäristölaskentaan kuuluvat käsitteet on kuvattu kuviossa 1.

## 2.2 Tavoitteet

Tärkeä näkökohta on kustannus- ja ympäristölaskennan integrointi siten, että tiedot saadaan samasta järjestelmästä. Onnistuessaan integrointi mahdollistaa sen, että kustannuslaskentaan näin tehdystä tilasuunnitelmasta tai rakenteesta päästään vertailemaan kustannus- ja ympäristövaikutuksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää seuraavat asiat:

- kartoitetaan rakentamisen ympäristölaskennan nykytila
- selvitetään millaista tietoa rakenteesta ja rakennuksesta pitää olla, jotta ko. tieto voidaan syöttää hankesuunnitteluvaiheessa käytettäviin työkaluihin
- selvitetään hankesuunnittelun työkaluissa käytettävät rakentamisen tietoformaatit ja se, miten ympäristötieto on niihin liitettävissä.
- tehdään esimerkinomainen pilottilaskelma kustannus- ja ympäristövaikutuksista kertyneen aineiston pohjalta
- selvitetään, miten rakennusmateriaaleihin ja rakentamiseen liittyvää elinkaaritietoa voidaan käyttää ympäristönäkökohdat huomioon ottavan päätöksen teon apuna.

### 2.3 Menetelmät ja rajaukset

Ympäristö- ja kustannuslaskennan nykytila ja niissä käytettävän tiedon määritykset kartoitetaan hankitun viiteaineiston pohjalta. Elinkaarilaskentaa ohjaa ISO 14000-sarjan ympäristöjohtamisen standardit, erityisesti ISO-14025-ympäristöselosteet, mutta myös uudet eurooppalaiset rakentamisen ympäristöarvioinnin standardit (CEN sustainability of construction works). Rakennusmateriaalien ympäristötietoa on saatavilla useista Euroopan maista.

Opinnäytetyössä on tuloste esimerkkilaskelmasta luvussa 3.3.2 puurakenteisen kerrostalon rungon hiilijalanjäljestä. Elinkaarilaskenta kattaa yleensä koko rakentamisen ja rakennuksen elinkaaren. Opinnäytetyö rajautuu elinkaarilaskennan osalta selvittämään rakennusmateriaalien hankintaan, valmistamiseen ja varsinaiseen rakentamiseen liittyvien ympäristökuormitusten liittämisen hanke-suunnitteluun.

Tässä opinnäytetyössä tehdään ensin katsaus nykyisin käytössä oleviin ympäristölaskennan välineisiin ja erilaisiin kustannuslaskennan sovelluksiin. Näiden pohjalta pohditaan, mitä edellytyksiä järjestelmien integroinnille on olemassa. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa varsinaisiin rakenneratkaisuihin, niiden kustannuksiin tai ympäristövaikutuksiin, vaan keskitytään tarkastelemaan ympäristölaskentaa päätöksenteon apuna.

Tässä opinnäytetyössä rajaudutaan elinkaaren osalta tarkastelemaan rakennukseen sitoutuneita ja rakentamiseen liittyviä ympäristövaikutuksia. Siihen liittyvät tiedot rakentamiseen käytettävistä materiaaleista, niiden määrästä ja niiden aiheuttamista ympäristökuormituksista. Näitä tietoja voidaan käyttää soveltaen kaikissa kuvio 2 mukaisissa rakennushankkeen eri vaiheissa.

Hankkeen vaihe	Peruste	Tulos	Menetelmät
Tarveselvitys	Toiminta	Tilantarve Tilaohjelma Tilojen ominaisuudet Toteutusaikataulu	Mitoitusperusteet
Hankeohjelma	Tilat Vanha rakennus Kannattavuuslaskelmat Olosuhteet Paikkakunta	Tilanhankintatapa Budjetti Rahoitussuunnitelma Suunnitteluajataulu	Tavoitehintamenetely
Suunnittelu	Tilat Tilan hankintatapa Budjetti Suunnitteluajataulu	Tilaohjelman ja budjetin mukaiset suunnitelmat	Rakennusosavertaus  Suunnitteluratkaisujen taloudellinen kehittäminen
Rakentamisen Valmistelu	Tilaohjelman ja budjetin mukaiset suunnitelmat Rakennuttajan resurssit Hintasuhdanne	Toteutusmuoto Hankinta- ja urakkajako Budjetti toteutukselle Rakentamisaikataulu	Määräluettelot Hankintaluettelot Hankinta- ja urakkatarjousten vertaaminen tavoitteeseen
Rakentaminen	Toteutusmuoto Budjetti Työmaa ja sen organisaatio	Tavoitteen mukainen rakennus	Hankinta Toimenpiteet tavoitteen saavuttamiseksi

Kuvio 2. Rakentamisen valmisteluvaiheen lähtötiedot, menetelmät ja toimenpiteet sekä tulokset (Haahtela & Kiiras 2007, 37).



### 3 Rakentamisen ympäristölaskennan nykytila

#### 3.1 Elinkaari- ja ympäristölaskenta

Elinkaarikustannusten laskennassa kaikki kustannukset, jotka nousevat esiin investointipäätöksestä, ovat relevantteja päätöstä tehtäessä. Elinkaarikustannuslaskennan teoria on yksinkertainen ja yleiset investointilaskentamenetelmät ovat olleet jo pitkään saatavilla. Elinkaarikustannuslaskenta muuttuukin ongelmalliseksi vasta, kun teoria viedään käytäntöön. (Häkkinen & Suikka 2005, 46).

Jo investointivaiheessa tulee tarkastella rakennettavan kiinteistön tulevaa elinkaarta ja sen eri vaihtoehtoisia elinkaaria. Useassa tapauksessa saattaa olla taloudellista panostaa rakentamisvaiheessa hieman kalliimpaan ratkaisuun, jos voidaan osoittaa sen maksavan itsensä takaisin. Elinkaarikustannuslaskennan vähäisen käytön merkittävin syy on ollut se, että rakentamisella on eri budjetti kuin rakennuksen käyttövaiheella. Eri ihmiset vastaavat rakentamisesta ja rakennuksen käytöstä. (Häkkinen & Suikka 2005, 46).

Rakennuksen elinkaari tarkoittaa rakennuksen käyttöaikaa aina sen suunnittelusta sen purkamiseen ja loppusijoittamiseen. Rakennuksen elinkaariset vaikutukset alkavat jo esisuunnitteluvaiheessa, kun rakennukselle asetetaan vaatimuksia ja kartoitetaan sen ominaisuuksia. Ominaisuuksien määrittelyn jälkeen suunnitteluvaiheessa rakennus muokkaantuu yleensä useiden luonnossuunnitteluvaiheiden aikana lopulliseen muotoonsa.

Suunnitteluvaiheen jälkeen rakennus siirtyy tuotantoon ja valmistuu käyttötarkoituksensa mukaiseen käyttöön. Käytön aikana sitä korjataan, huolletaan sekä siihen lisätään uusia ominaisuuksia. Rakennuksen elinkaaren viimeinen vaihe on rakennuksen purkaminen ja sen loppusijoittaminen.

Rakentamisen käsikirjoissa elinkaariajattelua kutsutaan elinkaaritekniikaksi. Rakenteiden elinkaaritekniikka käsittelee rakennusten ja rakenteiden kaikkia elinkaaren vaiheita: suunnittelu, valmistus, käyttö, kunnossapito, korjaukset, muutokset, nykyaikaistaminen, purku, uudelleen- ja uusiokäyttö ja jätehuolto. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y 2001, 67.)

Rakennusten elinkaaritekniikasta on tullut kansainvälisesti rakentamisen keskeinen kehittämisen kohde. Yhtenä elinkaarisuunnittelun kehittämistarpeena on kiinteistöille asetettujen vaatimusten hallinta: kunnossapidon hallinta ja elinkaarikustannusten optimointi. Toinen tärkeä kehitystyön motiivi on rakennusten terveydellisen haitattomuuden ja ekotehokkaan rakentamisen vaatimukset. (Häkkinen, Vares & Vesikari 2001, 11.)

Rakentamisen ekotehokkuus voidaan määritellä rakennuksen kelpoisuuteen ja toimivuusominaisuuksiin perustuvan arvon ja arvon toteuttavan teknisen ratkaisun aiheuttaman ympäristökuormituksen suhteena. Mitä suurempi on rakennuksen kelpoisuuteen ja ominaisuuksiin pohjautuvan arvon ja toteutuksesta aiheutuvan ympäristökuormituksen suhde, sitä ekotehokkaampi rakennus on. Rakennuksen ja sen osien käyttöikä vaikuttaa suoraan sekä rakennuksen kelpoisuuteen ja toimivuuteen, että ratkaisun aiheuttamaan resurssien käyttöön ja ympäristökuormitukseen sekä elinkaarikustannuksiin. (Häkkinen ym. 2001, 11.)

Elinkaarilaskenta on teknisesti ajatellen rakentamisesta syntyvien potentiaalisten vaikutusten arviointia koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Vaikutukset voivat kohdistua rahaan, inhimillisiin tekijöihin tai ympäristöön. Näistä muodostuu kolme erilaista näkökulmaa elinkaarilaskentaan; taloudellinen, ympäristöllinen ja sosiaalinen kestävyys. Ympäristölaskennassa tarkastellaan ympäristövaikutuksia erillään taloudellisesta ja sosiaalisesta kestävydestä. Tässä opinnäytetyössä käytetään sanaa ympäristölaskenta, tarkoittamaan elinkaarilaskennan ympäristövaikutuksia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y 2001, 67.)

Mitä aikaisemmassa valmisteluvaiheessa ympäristölaskenta on mukana, sitä suurempi vaikutusmahdollisuus sillä on lopputulokseen. Esimerkiksi turhien tilojen rakentamatta jättäminen tarveselvityksen perusteella vaikuttaa suoraan ympäristöön. Toisaalta suunnitteluvaiheessa suunnittelijan kädet on jo sidottu tilojen suhteen ja ympäristövaikutukset syntyvät vain rakenneratkaisujen kautta.

Ympäristövaikutuksia ovat karkeasti luokiteltuina seuraavat (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y 2001, 67– 68.) :

#### 1. Luonnonvarojen kulutus

- luonnon raaka-aineet (uusiutuvat tai uusiutumattomat)
- energia
- vesi
- muut valmistuksessa käytettävät aineet

#### 2. Päästöjen tuotto

- Ilmansaasteet (mm. CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, pöly)
- maaperän saasteet
- vesistö- ja pohjavesisaasteet
- kaatopaikkajätteet

#### 3. Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonympäristöön

- luonnonmaiseman muutokset
- luonnon monimuotoisuuden muutokset
- melu, lämpötila, tärinä jne. ympäristön viihtyisyystekijät.

Näistä tässä tutkimuksessa käsitellään vain luonnonvarojen kulutusta ja päästöjä ilmakehään. Nämä ovat keskeisiä elementtejä elinkaarilaskentaa suppeammassa menetelmässä, ympäristölaskennassa.

Suomen ympäristökeskuksen mukaan ympäristölaskennan tarkoituksena on yhdistää ympäristönäkökohtia yrityksen liiketoimintaprosesseihin. Sitä voidaan käyttää yrityksen sisäisenä ympäristöjohtamista tukevana välineenä täydentämään yrityksen tilinpitoa ja taloudellisen tilanteen raportointia sekä tuottamaan jäsennettyä tietoa yrityksen ympäristöllisestä suorituskyvystä sen osakkaille ja muille sidosryhmille. Ympäristölaskennan avulla ympäristötiedon tuottaminen voidaan systematisoida sekä rakenteellisesti, sisällöllisesti että tiedonhallinnan kannalta palvelemaan näitä tarkoituksia. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Ympäristölaskennassa voidaan erottaa kolme peruslähestymistapaa:

- laajennettu taloudellinen informaatio eli tavanomaisen kustannus- ja tuotoinformaation laajentaminen ja korjaaminen ympäristönsuojeluun liittyvillä kustannuksilla ja tuotoilla
- ympäristöindikaattorit eli taloudellisten mittareiden täydentäminen esimerkiksi päästöjä, jätteitä, energiankulutusta tai muita ympäristöasioita ja luonnonvarojen käyttöä kuvaavilla indikaattoreilla sekä
- ympäristölähtöinen rinnakkaistilinpito eli kirjanpito materiaalien ja luonnonvarojen käytöstä ja niillä saaduista tuotoista. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

RIL:n elinkaarilaskennan lähtökohdat ovat taloudellisen informaation laajentamisessa tai korjaamisessa. Se soveltuu ympäristön aiheuttaman taloudellisen riskin arviointiin. Taloudellisten mittareiden täydentäminen ympäristöindikaattorien avulla tähtää päätöksenteon lisäinformaation luomiseen; ympäristö ei ole vain taloudellinen riski vaan itsenäinen päätöksenteon komponentti.

Kolmas vaihtoehto, erillinen ympäristölähtöinen rinnakkaistilinpito on jo hyvin vahva kannanotto ympäristön merkityksestä rakennushankkeelle. Yritysten lisäksi ympäristölaskentaa tehdään myös kansantalouden tasolla, jolloin päähuomio on yleensä luonnonvarojen käytössä, materiaalivirroissa, ympäristökustannuksissa ja vastaavissa kysymyksissä. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Vaikka kaikkia ympäristövaikutuksia ei arvioitaisi rahamääräisesti, niin ympäristövaikutusten laskentamenetelmä on usein samankaltainen kuin rahataloudessa. Kustannusten tavoin ympäristövaikutukset voidaan syntytapansa mukaan kohdistaa rakennuksen tai sen elinkaaren eri vaiheisiin. Tulevat ympäristövaikutukset voidaan haluttaessa myös diskontata nykyarvoon käyttäen nimellistä suunnittelukorkokantaa. Sillä otetaan huomioon niihin liittyviä riskejä ja arvon muutoksia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y 2001, 67.)

Nykyarvoon diskontatut rahamääräiset ympäristökulut voidaan lisätä muihin elinkaarikustannuksiin. Myös ei rahamääräiset ympäristövaikutukset voidaan diskontata nykyisyyteen. Esimerkiksi CO<sub>2</sub>-päästöjen välitön estäminen ja siirtäminen tulevaisuuteen voi olla arvokasta nykyhetken näkökulmasta. Diskonttokorko on kuitenkin useimmiten eri kuin rahamääräisissä vaikutuksissa. (RIL-216-2001, 67).

Ympäristövaikutusten mittauksen ja sen integrointi rakentamisen päätöksentekoon voidaan ympäristölaskennalle asettaa myös muita vaatimuksia. Niistä tiedon luotettavuus on ensisijainen. Tiedon voi tuottaa tunnustettu alan toimija, näin toimivat useimmat elinkaarilaskennan ohjelmistot.

Tärkeä tekijä tiedon luotettavuuden suhteen on sen avoimuus. Asiaan liittyvien tahojen on pystyttävä näkemään millä menetelmällä ja mihin perustietoihin laskelmat perustuvat. Avoimuus tarkoittaa myös alhaista tiedon hyödyntämiskynnystä. Ympäristötiedon pitää olla myös niin kattavaa, että suunnittelu- ja rakennevaihtoja voidaan tehdä ilman että materiaaleihin liittyvä ympäristötieto sitä rajoittaa.

### 3.2 Ympäristökuormitusten laskennan säädökset

Etenkin EU:n asettama tavoite energiatehokkuuden parantamisesta on edennyt Suomessa hyvin pitkälle siten, että uusille rakennuksille on asetettu tiukat normit rakennusten energiankulutukselle. Tämä on kasvattanut rakenteiden eristepaksuuksia. Toisaalta tämä on kannustanut kehittämään ns. passiivi- ja matala-energiataloja, joiden kuluttama lämmitysenergia on lähes nollassa. Kestävän rakentamisen yksi konkreettinen tavoite on rakentamisessa käytettävien rakennusmateriaalien valinnan ohjaus siten, että käytetään rakentamisessa sellaisia materiaaleja, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän ympäristökuormitusta rakennuksen elinkaaren aikana.

EU:n ja kansallinen lainsäädäntökehitys on ollut nopeaa viime vuosina. Keskeisiä muutoksia kestävän rakentamisen näkökulmasta ovat :

- kestävän rakentaminen osana EU:n edelläkävijämarkkina-aloitetta (KOM(2007) 860)
- kestävän rakentamisen standardit ja välineet ympäristövaikutustiedon tuottamiseen
- rakennustuoteasetuksen (N:o 305/2011) voimaantulo Suomessa vuonna 2013.

Rakentamisen ympäristökuormitusten laskentamallien kehittämistä ohjaavat välittömästi erilaiset kansalliset asetukset ja kansainväliset standardit. Rakennustuotteiden ympäristöselosteista ja rakennusten ympäristövaikutusten arvioinnista ja luokittelusta on tehty vapaaehtoisia kansallisia menettelytapoja monissa maissa. Menettelytapojen harmonisoimiseksi laaditaan parhaillaan standardeja sekä kansainvälisissä (ISO TC 59) että eurooppalaisissa (CEN/TC 350) työryhmissä. Valmiit tai valmistumassa olevat standardit ja niiden soveltuvuus on kuvattu taulukossa 3. (Koskela, Korhonen, Seppälä, Häkkinen & Vares 2011,11.)

Taulukko 1. Rakentamisen kestävyysarviointia käsittelevät standardit.(Päivitetty Koskela ym. 2011,12).

	Kestävyyskriteerit		
	Ympäristö	Taloudellinen	Sosiaalinen
Menetelmien kuvaukset	ISO 15392:2008 Sustainability in building construction (SiBC)—General principles		
	ISO 21929-1:2011 SiBC—Sustainability indicators—Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings		
	CEN EN 15643-1:2010 Sustainability of construction works (SoCW). Sustainability assessment of buildings. Part 1: General framework		
	EN 15643-2:2011 Part 2: Framework for the assessment of environmental performance	EN 15643-3:2012 Part 3: Framework for the assessment of social performance	EN 15643-4:2012 Part 4: Framework for the assessment of economic performance
Rakennus	ISO 21931-1:2010 SiBC—Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works -- Part 1: Buildings		
	EN 15978:2011 SoCW. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method	prEN 16309 SoCW. Assessment of social performance of buildings - Methods	
Rakennustuotteet	ISO 21930:2007 SiBC—Environmental declaration of building products		
	SoCW—Environmental product declarations. <ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 15804:2012 Core rules for the product category of construction products</li> <li>• EN 15942:2011 Communication format business-to-business</li> <li>• CEN/TR 15941:en Methodology for selection and use of generic data</li> </ul>		

CEN on itsenäinen järjestö, mutta sovittaa ja mahdollisuuksien mukaan tarkentaa ISO-standardeja eurooppalaiseen rakentamiseen soveltuviksi. Taulukossa kunkin arviointikohteen rivillä on ensin mainittu relevantit ISO-standardit ja sen jälkeen vastaavat EN-alkuiset CEN-standardit. Kunkin standardikoodin viimeinen osa kertoo sen julkaisuvuoden; kaikki standardit ovat alle viisi vuotta vanhoja.

Molemmat järjestöt ovat julkaisseet kestävyysarvioinnin menetelmäkuvaukset. CEN on jakanut standardit sekä yleiseen osaan, sekä julkaissut kaikkia kolmea kestävyuden arviointikriteeriä koskevat menetelmäkuvaukset. Arvioinnin periaatteena on, että rakentamisen ympäristövaikutuksia tulisi tarkastella rakennustuotteiden sijaan rakennustasolla. Sitä varten on molemmissa standardeissa kuvattu laskentamenetelmät. CEN-standardit ovat tässä suhteessa yksityiskohtaisempia, niissä kuvataan rakennuksen elinkaarilaskentaan liittyvät keskeiset ratkaisut kuten tarkastelun rajaukset, elinkaaren pituus, laskentayksiköt ja -säännöt sekä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden käyttö. (Koskela ym. 2011,11.)

Rakennustuotteiden ympäristövaikutusten arviointia varten on luotu omat standardit ympäristöselosteille. Niiden avulla valmistajat voivat tuottaa ja julkaista ympäristötietoa tuotteistaan tai palveluistaan. Erityisesti ympäristöselosteita koskevat CEN-standardit on julkaistu tämän tai viime vuoden aikana. Tämä merkitsee muutoksia myös RT-ympäristöselosteisiin, joiden sisältö on luotu 2000-luvun alkupuolella EKA ja REM hankkeissa, RT-ympäristöselosteita on nykyään käytössä hyvin vähän. Niiden laatimisen (uudelleen) aloittaminen odottaa jo hyväksytyjen CEN standardien kansallista käyttöönottoa. (Koskela ym. 2011,13.)

Ympäristöselosteiden rooli vaikutusten arvioinnissa on keskeinen. EU:n asetus rakennustuotteiden kauppaa koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta (EU No 305/2011) astuu voimaan suomessa kesällä 2013. Keskeinen muutos rakentamisen kannalta on CE-merkinnän tuleminen pakolliseksi rakennustuotteille. Valmistajat osoittavat merkin käytöllä tuotteen vaatimuksenmukaisuuden. (Koskela ym. 2011,14.)

Tämä ei koske toistaiseksi vain kunkin harmonisoidun standardin mukaisia teknisiä ominaisuuksia. Vaatimukseen voidaan tulevaisuudessa liittää myös resursien kestävä käytön ja rakennuskohteen ympäristövaikutusten arvioimiseksi tarvittavaa ympäristötietoa. Komissio edellyttää, että tämä tieto tulee ympäristöselosteista. (Euroopan unionin virallinen lehti L88 2011, 10.)



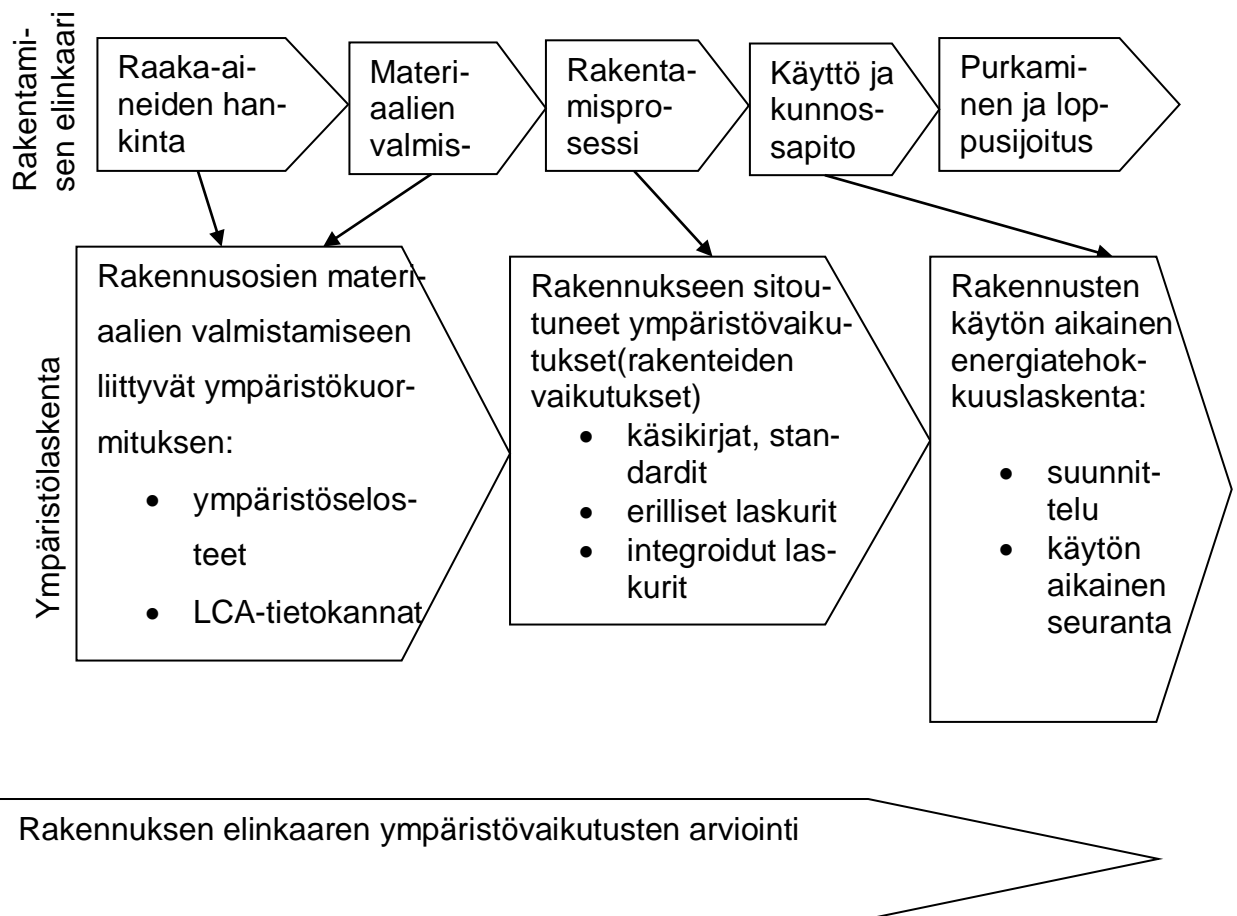
### 3.3 Käytössä olevat ympäristölaskurit

Rakennuksen elinkaari alkaa asiakkaan eli tilaajan tarpeista, jatkuu suunnittelun ja rakentamisen kautta rakennuksen käyttöön ja päättyy lopulta rakennuksen purkamiseen. Rakennuksen elinkaareen sisältyy useita erilaisia tuotteiden ja järjestelmien teknisiä, taloudellisia, toiminnallisia ja juridisia elinkaaria. Käyttäjän elinkaarta ei pidä myöskään unohtaa. Se tarkoittaa ajanjaksoa, jona rakennuksessa toimii yksi tietty käyttäjäorganisaatio. Rakennus voidaan kuitenkin suunnitella sellaiseksi, että se on mahdollista myöhemmin muuntaa toista käyttötarketusta ja käyttäjää vastaavaksi. Näiden rakentamisen elinkaaren eri vaiheiden ympäristövaikutusten laskentaan tarvitaan erilaisia laskentatyökaluja. (Kansallinen Elinkaarimalli-kehityshanke 2008.)

Rakentamisen ympäristölaskennan välineitä on kehitetty 90-luvulta lähtien lähinnä TKK:n, VTT:n ja Tekesin toimesta, esim. Junnila & Saari, Haapio & Viitanen, REM-hanke, EKA-hanke ja €CO<sub>2</sub>-hanke. Myös kansainvälinen kestävä rakentamisen standardointi on kehittynyt voimakkaasti esim. (ISO TC 59 SC 17, ISO 140xx, CEN TC 350). Näiden tuloksena käytössä on standardoidut menetelmät ympäristöselosteiden laadintaan ja eritasoisia ympäristövaikutusten laskentamalleja.

Laskentakehikkoja on käytössä useita, osa niistä suuntautuu energiatehokkuuteen (Energia junior, Motiva energiatodistukset), toiset rakennuksen materiaali- valintoihin (Synergia, BeCost, Saari (2001)). Vain Rakentajan Ekolaskuri arvioi rakennushanketta laajemmasta rakentamisen ja rakennuksen koko elinkaaren näkökulmasta. Lisäksi tutkijoilla ja konsulttitoimistoilla on käytössään yleisiä LCA (Life Cycle Assessment = elinkaarilaskenta) tietokantoja ja ohjelmistoja perusteellisten hankekohtaisten arviointien tekemiseen. (Sitran selvityksiä 63, 2011.)

Tämän selvityksen keskeinen motivaatio on ollut se, että toistaiseksi ei ole olemassa välineitä, joilla rakennuksen ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella kustannusvaikutusten rinnalla. Ainoa tiedossa oleva kehityshanke tähän suuntaan on €CO2 hanke, jossa kehitetään järjestelmää, joka integroi ympäristötiedon rakennuksen BIM:iin. Tämä ei kuitenkaan palvele rakennuksen suorituskyvyn arviointia hankesuunnitteluvaiheessa.



Kuvio 3. Kaaviokuva rakentamisen elinkaaresta ja olemassaolevista ympäristölaskentavälineistä.

Ympäristölaskennan työkalujen liittymistä rakennuksen elinkaarilaskennan eri vaiheisiin on havainnollistettu kuviossa 3. Laskenta etenee prosessina, jossa ei yleensä ole mahdollista tehdä laskelmia ennen kuin edeltävän vaiheen ympäristövaikutukset on selvitetty.

Raaka-aineiden hankintaa ja rakennusmateriaalien valmistusta kuvataan joko elinkaarilaskentaa varten suunniteltujen tietokantojen avulla tai rakennustuotteisiin erikoistuneilla ympäristöselosteilla. Molempien taustalla on elinkaarilaskennan menetelmäkehikko. Rakennukseen tai rakentamisprosessiin liittyviä ympäristövaikutuksia ja laskentamenetelmiä kuvataan perinteisesti käsikirjoissa tai standardeissa.

Varsinainen ympäristölaskennan sovellus voi olla joko itsenäinen sovellus tai integroitu muihin suunnitteluvälineisiin. Rakennuksien käytönaikaisia ympäristövaikutuksia pyritään pääosin ennakoimaan jo suunnittelu ja rakentamisvaiheessa. Tuloksia voidaan verrata käytönaikaiseen seurantaan. Rakennuksen purkamisen ja loppusijoitus otetaan huomioon yleensä vasta rakennuksen koko elinkaarta koskevassa arvioinnissa.

Rakentamisen käytännöt ja ympäristövaikutukset ovat alueellisesti erilaisia. Ympäristölaskennan työkalujen kehitystä on tarkoituksenmukaista tarkastella myös alueellisesta näkökulmasta.

### **3.3.1 Työkalujen kansainvälinen kehitys**

Rakennusten ympäristövaikutusten arviointityökalujen kirjo on laaja. Työkaluja ovat kehittäneet eri tutkimuslaitokset erilaisiin tarkoituksiin. Rakennuksen ympäristöarviointityökalut ovat kehityksessä sisällön osalta ja lisäksi ne ovat tulossa osaksi muita rakentamisen hallinnan työvälineitä . (Haapio & Viitaniemi 2008, 472.)

Haapio ja Viitaniemi (Haapio & Viitaniemi , 2008) ovat selvittäneet käytössä olevien ympäristölaskureiden kansainvälistä tilannetta. Kuviossa 4 on luettelo erilaisista käytössä olevista työkaluista. Tutkimuksen tavoitteena on ollut selkiyttää ja analysoida nykyisiä rakennusten ympäristövaikutusten arviointityökaluja. Siinä on todettu, että työkalujen ja niiden tulosten vertailu on vaikeaa, ellei lähes mahdotonta. Esimerkiksi arvioitaessa erityyppisten rakennusten ympäristövaikutuksia, nämä ympäristövaikutusten arviointityökalut tukeutuvat eri tietokantoihin, suuntaviivoihin ja kyselylomakkeisiin. (Haapio & Viitaniemi 2008, 480.)

Työkalun nimi	Viite
ATHENA <sup>TM</sup> Environmental Impact Estimator	<a href="http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator/">http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator/</a>
BEAT 2002	<a href="http://www.en.sbi.dk/publications/programs_models/beat-2002">http://www.en.sbi.dk/publications/programs_models/beat-2002</a>
BeCost(previously known as LCA-house)	<a href="http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/environ/ohjelmat.html">http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/environ/ohjelmat.html</a>
BEES 4.0	<a href="http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm">http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm</a>
BREEAM	<a href="http://www.breeam.org/page.jsp?id=66">http://www.breeam.org/page.jsp?id=66</a>
EcoEffect	<a href="http://www.dissertations.se/about/EcoEffect/">http://www.dissertations.se/about/EcoEffect/</a>
EcoProfile	<a href="http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/tools.pdf">http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/tools.pdf</a>
Eco-Quantum	<a href="http://www.except.nl/overig/yale/sem5/sustainabledesign/Eco-Quantum2.pdf">http://www.except.nl/overig/yale/sem5/sustainabledesign/Eco-Quantum2.pdf</a>
Envest 2	<a href="http://envest2.bre.co.uk/#">http://envest2.bre.co.uk/#</a>
Environmental Status Model(Miljöstatus)	<a href="http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/tools.pdf">http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/tools.pdf</a>
EQUER	<a href="http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/scree-shots.cfm/ID=347/pagename_submenu=/pagename_menu=/pagename=alpha_list">http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/scree-shots.cfm/ID=347/pagename_submenu=/pagename_menu=/pagename=alpha_list</a>
ESCALE	<a href="http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&amp;idSuche=CIB+DC5195">http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&amp;idSuche=CIB+DC5195</a>
LEED <sup>®</sup>	<a href="http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=220">http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=220</a>
LEGEP <sup>®</sup> (previously known as Legoe)	<a href="http://www.legoe.de/index.php?AktivId=1067">http://www.legoe.de/index.php?AktivId=1067</a>
Papoose	<a href="http://www.reseaubeeep.fr/IMG/xls/Classement-Outils.xls">www.reseaubeeep.fr/IMG/xls/Classement-Outils.xls</a>
TEAM <sup>TM</sup>	<a href="https://www.ecobilan.com/uk_team.php">https://www.ecobilan.com/uk_team.php</a>

Kuvio 4. Ympäristölaskennan kansainväliset työkalut (Haapio & Viitaniemi, 2008).

Haapio ja Viitaniemi ovat luokitelleet tarkastelemansa ympäristölaskurit sekä Athena-instituutin, että hallitusten välisen kansainvälisen energijärjestön IEA:n luokitusten mukaisesti. IEA-luokkia (IEA Annex 31,2001) on viisi ja Athena luokituksen tasot kuuluvat sen kahteen alaluokkaan. Seuraavassa on käytetty osaksi Haapion ja Viitaniemen tuloksia, mutta myös täydennetty IEA-luokitusta tässä selvityksessä käsitellyillä työkaluilla.

Alla on luettelo rakentamiseen liittyvistä ympäristölaskennan hallintaan liittyvistä tekijöistä.

#### 1. Energiamallintamisen ohjelmistot

#### 2. Rakentamisen ympäristölaskennan työkalut

- Taso 1: tuotetason vertailun työkalut ja tiedon lähteet (BEES 3.0 ja TEAM™)
- Taso 2: koko rakennuksen suunnittelu- tai päätöksenteon tuki (ATHENA™, BEAT 2002, BeCost, Eco - Quantum, Envest 2, EQUER, LEGEP® ja PAPOOSE) , Enviromental Agency Carbon Calculator.
- Taso 3: koko rakennuksen arviointikehikot (EcoEffect ja ESCALE)

#### 3. Ympäristövaikutusten arvioinnin viitekehys ja luokitusjärjestelmä

- Taso 3: BREEAM, EcoProfile, Miljöstatus ja LEED®

#### 4. Ympäristöön liittyviä suuntaviivoja tai tarkistuslistoja suunnitteluun ja rakentamisen hallintaan

- ISO TC 59 ja CEN/TC350 standardit: Menetelmäkuvaukset ja rakennusten arviointi

#### 5. Ympäristöselosteet, -ilmoitukset, -luettelot, -sertifikaatit ja -merkit

- ISO ja CEN ympäristöselosteita koskevat standardit.

Edellisten lisäksi kehitys ympäristölaskennan työkaluissa on ollut nopeaa. Esimerkiksi ympäristövaikutusten arvioinnin viitekehystenä toimivien Haapion ja Viitaniemen mainitsemien BREEAM- ja LEED-sertifikaattien lisäksi erilaisia vihreän rakentamisen sertifikaatteja on kymmeniä. (Ding 2008, 451-464.)

Myös rakennusyrittäjillä on oma ympäristöjärjestelmänsä. Esimerkiksi Skanskan Deepgreen luokittelee hankkeita asteikolla välillä perusvihreä – syvänvihreä. Lisäksi NCC-yhtiöillä on EastModel-ohjelma, jossa arvioidaan ympäristövaikutuksia kustannusten rinnalla.

Edelliseen luetteloon on lisätty myös Englannin ja Walesin ympäristökeskuksen hiililaskuri (environmental agency carbon calculator). Se on Excel-sovellus, joka laskee materiaalitietokannan perusteella rakennukseen sitoutuneen hiilidioksidin määrän. Sitä ei ole kuitenkaan linkitetty rakennuksen suunnitteluratkaisuihin. (The Environment Agency United Kingdom 2011.)

Keskeisiä kysymyksiä välineiden määrän sijaan on kuitenkin, miten tuloksia voitaisiin käyttää tehokkaammin ja se, miten niiden tulokset ovat vaikuttaneet päätöksentekoon. Visio rakennuksen ympäristövaikutusten arviointivälineiden käytämisestä rakennusten kestävä kehityksen arvioinnissa tuntuu olevan vielä kaukana. Kuitenkin tulevaisuuden vaatimukset ovat haastavia. (Haapio & Viitaniemi 2008, 480.)

### 3.3.2 Työkalujen kotimainen kehitys

Kotimaiset ympäristölaskurit voidaan jakaa karkeasti kahteen eri kategoriaan ns. pienrakentajille ja varsinaisille rakennusalan ammattilaisille tarkoitettut. Keskeiset tietolähteet ja laskurit on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Kotimaiset ympäristölaskennan tietolähteet laskurit ja niiden luokitus

Pienrakentaja	IEA:Athena	Ammattikäyttö	IEA:Athena
Energiatodistukset	1	Energiatodistukset	1
Energiajunior	1	RT-ympäristöselosteet	5
Rakentajan ekolaskuri	2/3:A3	Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet(Saari, 2001)	2:A2
		Synergia	2:A2
		BeCost	2:A2

Rakennuksen energiatodistus on pakollinen dokumentti uusissa rakennuksissa vuodesta 2009 lähtien. Energiatodistuksen avulla kuluttajat voivat vertailla rakennusten energiatehokkuutta.

Energiatodistuksessa kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistösähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu, bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku. Motivan sivuilla on tietoa energiatodistuksesta ja laskureita rakennuksen energian käyttöön ja neuvoja energiatodistuksen hankintaan. (Motiva 2012.)

Oulun rakennusvalvonnan kehittämä Energiajunior on tarkoitettu pienten asuinrakennusten energiatodistuksen ja energiaselvityksen laskentaan. Energiaselvitys voidaan laatia missä tahansa nettiyhteyden omaavassa tietokoneessa asiantuntijan (suunnittelijat) kanssa tai rakentajan toimesta. Ohjelmalla voi laatia useita energialaskelmia ja vertailla kustannuksia rakentamiselle sekä energiankulutukselle esimerkiksi 10, 20 tai 30 vuodelle. (Oulun rakennusvalvonta 2012.)



Rakentajan ecolaskuri -sivusto on vapaasti kaikkien käytettävissä. Sivuilla pyritään tuomaan puolueettomasti esille vaihtoehtoisia tapoja saavuttaa ekologisesti kestävämpi lopputulos rakentamisessa. Sivuille on pyritty kokoamaan laajasti ja myös eri näkökulmista tietoa linkkeineen, joista kuluttaja voi muodostaa oman käsityksensä. (Rakennustarkastusyhdistys RTY 2011.)

Sivuston asiasisältö on koottu tekstissä sekä linkki- ja kirjallisuuslistassa mainituista lähteistä. Tieto ekologisesti kestävämmästä rakentamisesta elää jatkuvasti uusien tutkimusten ja toisaalta tekniikan kehittymisen myötä. Siksi sivustoa pyritään päivittämään mahdollisimman usein. (Rakennustarkastusyhdistys RTY 2011.)

Laskurin ensimmäinen versio laadittiin vuosien 2003 ja 2005 välisenä aikana Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston toimeksiannosta ja Ympäristöministeriön rahoittamana. Vuosina 2010 ja 2011 sivut otettiin osaksi Rakennustarkastusyhdistys RTY:n Energialisäarvoa rakennusvalvonnan ohjauksella – projektia, joka on osa Motivan koordinoimaa ja Sitran ja TEM:in rahoittamaa Kuluttajien energianeuvontahanketta. Vuonna 2011 laskuria on täydennetty helppokäyttöisemmällä Light –versiolla. (Rakennustarkastusyhdistys RTY 2011.)

Rakentajan ecolaskuri ”Light” arvioi rakennushankkeen eko- ja energiatehokkuutta. Kysymyksiin liittyy selventävä tietoteksti. Sillä voi myös tutkia erikseen pelkän tontin tai rakennuksen ominaisuuksia. Rakentajan ecolaskuri ”Pro” on edellistä perusteellisempi versio. Monivalintakysymykset on linkitetty aihetta valaisevaan tietotekstiin.

Ympäristöselostekäytäntö, selostelomake ja RT-ympäristöselosteet kehitettiin ensin Tekesin Rakentamisen ympäristöteknologia-tekniologiaohjelmassa yhdessä Rakennustietosäätiön kanssa. Projektiin osallistui 26 yritystä, joiden tuotteille laadittiin ensimmäiset RT-ympäristöselosteet. Jatkokehitystä ympäristöselostekäytäntöön tehtiin Rakennusteollisuus RT ry:n johtamassa EKA-tutkimushankkeessa, jossa laaditun menetelmäohjeen mukaan tehdään nykyiset RT-Ympäristöselosteet. (Rakennustietosäätiö RTS 2001.)

Rakennustuotteen ympäristöselosteessa eritellään tuotteen ympäristövaikutuksia kuvaavia ominaisuuksia, joita ovat mm. energian käyttö, päästöt ilmaan ja veteen sekä luonnon resurssien käyttö. Tuotteiden ja rakenteiden ympäristöominaisuuksien keskinäisen vertailun tulee perustua samaan toiminnalliseen yksikköön. Ympäristöselosteissa ei oteta suoraan kantaa tuotteiden käyttöikään eikä tuotteiden ympäristövaikutuksia laiteta paremmuusjärjestykseen. (Rakennustietosäätiö RTS 2001.)

Yhtenä käsikirjana ja perustana ympäristölaskennalle on Arto Saaren rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet (2001), jotka luotiin vuosina 1996-98 Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa läpiviedyssä tutkimuksessa. Tutkimuksessa luotiin laskentamalli rakennusosien elinkaaren aikana aiheuttamien ympäristökuormitusten laskentaan. Laskennan lähtökohtana on rakennusosa. (Saari 2001, 3.)

Mainitussa tutkimuksessa analysoitiin myös tyypillisen suomalaisen asuinkerrostalon ympäristökuormitus. Vuonna 2001 tehdyssä julkaisussa edellä mainitut tulokset esitetään uudella tavalla, ympäristöselosteina. Julkaisussa esitetään uutuutena tyypillisen suomalaisen omakotitalon ympäristökuormitus. (Saari 2001, 3.)

Samoin laadittiin lisää erilaisten asuinrakentamisessa tyypillisesti käytettävien rakennetyyppien elinkaarilaskelmia, joiden tuloksia esitetään ympäristöselosteina. Ympäristöselosteet laadittiin vuosina 1998-2000. (Saari 2001, 3.)

SYNERGIA Hiilijalanjälki –työkalu on Excel –sovellus, jolla voidaan arvioida rakennusten päämateriaalien ja päärakenteiden hiilijalanjälkiä. Laskennan perusteena on rakenteiden määrälaskenta. Työkalu on Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämä hankkeessa, jota on Tekes rahoittanut. Työkalu sisältää hiilijalanjälkilaskurin ja ohjeen. Käyttäjälle työkalun käyttö on maksutonta. Toistaiseksi laskurin oma rakennusmateriaalien ympäristötietokanta on hyvin suppea. (Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2011.)

Esimerkki synergialaskurista saatavasta tulosteesta kuviossa 5. Esimerkissä on laskettu PuuEran konseptiin liittyvän Heinolaan rakennetun puurunkoisen kerrostalon rungon hiilijalanjälki. Rakennuksen materiaalitase on otettu Sitran raportista (Pasanen ym.) ja materiaalien kasvihuonepäästöt ja hiilidioksidivarasto kotimaisista tutkimuksista (esim. Junnila ja Saari, 1998), RT – ympäristöselosteista ja ICE –tietokannasta. Laskelma ei kyseenalaista Sitran laskelman oikeellisuutta, mutta osoittaa, kuinka suuri vaikutus materiaalien lähtötiedoilla voi olla. Tässä käytetyillä parametreilla päästöt ovat vain 47 prosenttia Sitran laskemista päästöistä, mutta hiilivarasto poikkeaa Sitran laskemasta alle 10 prosenttia.

SYKE Synergiatalo						LIITE 19.1			
Senaatti-Kiinteistöt									
<b>MATERIAALITEHOKKUUS JA HIILIJALANJÄLKI</b>									
Rakennetyyppikohtainen laskenta									
Rakennetyyppi:						<b>Runko /1</b>			
Kokonaispinta-ala rakennuksessa:						1 m <sup>2</sup>			
Oletus-pinta-ala, jota kohti materiaalien määrät on annettu (oletusarvo on 1 m2):						1 m <sup>2</sup>			
Rakennetyypin kokonaistilavuus yllä annettua pinta-alaa kohti:						1 m <sup>3</sup>			
Sanallinen kuvaus:						tarkistus: 1000 dm <sup>3</sup> (eli litraa)			
Puutalon runko									
Lisäksi liitä mukaan rakennetyyppikuva, josta käy ilmi päämateriaalit.									
Rakennusmateriaalit ja niiden hiilijalanjälki									
Materiaali (Alkaen ulkoa päin) (Katso materiaalit ja niiden ominaisuudet liitteestä 18.2.)	Ominaisuudet			Tilavuus Oletus- pinta-alaa kohti	Paino Lasketaan automaatti- sesti	Kerrat Jos ei uusi- mistarvetta 100 v aikana, arvo on 1	Hiilijalanjälki		
	Tilavuus- paino	Kasvihuone- kaasuu- päästöt	Hiilidioksi- din varasto				päästöt	varasto	
	kg/m <sup>3</sup>	g CO <sub>2</sub> -ekv/kg	g CO <sub>2</sub> -ekv/kg	dm <sup>3</sup> (eli litraa)	kg		kg CO <sub>2</sub> -ekv		
Runkopuutavara	480	70	1600	8333,333	4000	1	280	6400	
Liimapuu	440	330	1600	277272,7	122000	1	40260	195200	
Pinnoittamaton koivuvaneri	660	720	1600	30303,03	20000	1	14400	32000	
Runkopuutavara	480	70	1600	29166,67	14000	1	980	22400	
Runkopuutavara	480	70	1600	4166,667	2000	1	140	3200	
PELD kalvo	940	2100	0	9574,468	9000	1	18900	0	
Raudoitettu betoni	2450	179	0	78367,35	192000	1	34368	0	
Raudoitettu betoni	2450	179	0	0	0	1	0	0	
Lasivilla	20	800	0	600000	12000	1	9600	0	
Kipsilevy	677	390	0	249630,7	169000	1	65910	0	
Runkopuutavara	480	70	1600	27083,33	13000	1	910	20800	
					0	1	0	0	
Tässä voit antaa ne materiaalit, joiden paino on helpompi arvioida kuin tilavuus:					<b>Paino</b>				
						1	0	0	
						1	0	0	
						1	0	0	
						1	0	0	
						1	0	0	
					1313898,296	557000	185748	280000	
<b>YHTEENVETO</b>									
Rakennetyypin hiilijalanjälki neliometriä kohti, kg CO <sub>2</sub> -ekv / m <sup>2</sup>							185748	280000	
Rakennetyypin hiilijalanjälki rakennuksessa yhteensä, kg CO <sub>2</sub> -ekv							185748	280000	

Kuvio 5. Esimerkkituloste puurakenteisen kerrostalon hiilijalanjäljestä SYNER-GIA Hiilijalanjälki-työkalulla laskettuna

VTT on kehittänyt kokonaisten rakennusten arvioimiseen internet –selaimella toimivan BeCost-laskentaohjelman (VTT). Sen käyttö vaatii lisenssin. Sen avulla voidaan laskea talorakenteiden, kalliorakenteiden sekä rakennusten, kalliotilojen ja tunneleiden ympäristövaikutuksia. Se mahdollistaa vaihtoehtoisten rakennusratkaisujen vertailun ja niiden pohjalta koko rakennuksen ympäristövaikutustietojen kokoamisen. Tarkastelun ajankohtana voidaan käyttää joko rakennustuotantovaihetta tai kunnossapitovaihetta. Jälkimmäinen sisältää tuotannon lisäksi rakennustuotteiden ja rakennusosien huollot sekä uusimiset. Esimerkki ohjelmasta saatavasta tulosteesta löytyy linkistä (<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134333&lan=fi>). (Koskela & Korhonen & Seppälä & Häkkinen & Vares 2011, 15.)

### **3.4 Ympäristölaskurin kehittämiseen liittyvät toimijat**

Ympäristölaskurin kehittäminen koskettaa hyvin monia toimijoita tässä yhteiskunnassa eli kaikkia niitä tahoja, jotka ovat tavalla tai toisella tekemisissä rakentamisen kanssa.

Tässä luvussa esitellään yleisesti ympäristölaskurin kehittämisen kannalta merkittävimmät toimijat, joita ovat:

- Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Rakennustietosäätiö ja Rakennustieto Oy
- ohjelmistotalot esim. Haahtela-yhtiöt
- julkinen valta
- tutkimuslaitokset Metla, Syke ja VTT
- tieteellistä kehittämistä ja koulutusta tarjoavat organisaatiot yliopistot ja ammattikorkeakoulut.

Rakennusteollisuus RT ry on koko rakennusteollisuuden liittoyhdistys, joka muodostuu Rakennusteollisuus RT ry:stä keskusliittona ja siihen kuuluvista viidestä toimialasta. Rakennusteollisuus RT toimii edunvalvojana ja koordinoi standardien kehittämistä. (Rakennustuoteteollisuus RTT ry 2011.)

Rakennustietosäätiö (RTS) on perustamisestaan lähtien koordinoanut rakennusalan ohjeiden laatimista ja käyttöönottoa. Liiketoimintaansa varten säätiö perusti 1974 Rakennuskirja Oy:n, nykyiseltä nimeltään Rakennustieto Oy:n. Yhtiön tehtäväksi tuli Rakennustietosäätiön toiminta-ajatuksen mukaisesti kirjojen ja tietotuotteiden kustantaminen sekä rakennustarvikkeenäyttelyn toiminnasta vastaaminen. Rakennustieto Oy tuottaa ja myy myös rakentamista palvelevia tuotteita mm. Rt-Net, RATU-net ja Klara-Net. Nämä työkalut ovat rakentamisessa pitkälle vakiintuneita ”matalan käyttökynnyksen” työkaluja, mihin ympäristölaskennan täytyy sopeutua. (Rakennustieto Oy 2008.)

Julkinen valta eli valtio on mukana referenssinä lainsäädännön kehittämisen näkökulmasta. Suomen ympäristökeskus (SYKE) on tutkimus- ja asiantuntijalaitos. Se tutkii ympäristön muutoksiin liittyviä ilmiöitä ja kehittää ratkaisuja muutosten hallintaan. Syke on kehittänyt oman rakentamisen ympäristölaskurin. (Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2011.)

Metsäntutkimuslaitos (Metla) on maa- ja metsätalousministeriön alainen tutkimuslaitos. Metlan tehtävänä on edistää tutkimuksen keinoin metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää hoitoa ja käyttöä, koska puunkäytön edistäminen rakentamisessa perustuu paitsi sen kustannustehokkuuteen myös ympäristösuorituskykyyn. Tämän takia Metla kehittää rakentamisen ympäristölaskentavälineitä.

Yliopistot tekevät tieteellistä tutkimusta liittyen ympäristövaikutusten tieteelliseen perustaan. Yhdessä ammattikorkeakoulujen kanssa yliopistot kouluttavat asiantuntijoita rakennusalalle. Yksi osa koulutusta on ympäristöasioiden hallinta.

Haahtela-yhtiöillä on kattava valikoima työkaluja rakentamisprosessin hallintaan. Esimerkiksi Taku-ohjelma on väline mm. rakennushankkeiden budjetointiin ja suunnittelun ohjaukseen sekä vakuutus- ja rahoitustoiminnassa rakennusten uudis- ja nykyhinnan laskentaan. Ohjelma sisältää rakennusten hinnanarviointimenetelmän, tavoitehintamenetelmän sekä rakennusosa-arviomenetelmän. Koska lähestymistapa on hankkeen edetessä tarkentuvaa, niin ympäristölaskenta voidaan ainakin periaatteessa integroida jo hankesuunnitteluun. (Haahtela 2007.)

Tocoman Group Oy:n TCM Pro on osa tuoterakennepohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa tukeva tuote rakennusalan kustannuslaskennan asiantuntijoille. Se on laajennettavissa tietomallipohjaiseen määrälaskentaan ja laskelmatietojen reaaliaikaiseen siirtoon muihin ohjelmistoihin, kuten aikataulutukseen, hankintaan ja kustannusvalvontaan. Myös Rakennustieto Oy:n Klara Net toimii vastaavasti rakennusosaperusteisesti. (Tocoman Group Oy 2012.)

Pienrakentajille tarkoitettu Talo-Peli-ohjelmisto soveltuu työkaluksi rakennushankkeen alkuvaiheessa kustannusten laskentaa varten. Lähtökohtana on hankesuunnittelun tarpeet, joten ympäristölaskennan integroinnilla voitaisiin vaikuttaa päätöksentekoon halutulla tavalla.

### **3.5 Ympäristötiedon avoimuus**

Tässä opinnäytetyössä lähtökohtana on kaiken tutkimuksen aikana syntyvän tiedon avoimuus. Tutkimuksessa käytetyt lähteet ovat myös kaikki julkisia. Mahdollisesti tutkimuksessa syntyvän aineiston on tarkoitus olla pohjana ympäristölaskennan jatkokehittämiselle.

Viranomaisten hallussa olevan ympäristötiedon avoimuuden lähtökohtana on EU:n direktiivi (EUVL L 41, 14.2.2003). Direktiivi takaa pyynnön esittäjälle, esimerkiksi kansalaiselle oikeuden saada viranomaiselta tarvitsemaansa ympäristöä koskevaa tietoa. Direktiivi korostaa ympäristötiedon aktiivista levitystä.

Tietojen olisi oltava sellaisessa muodossa, että ne voidaan helposti jäljentää ja hakea tietoverkkojen, kuten Internetin kautta. EU-direktiivi ei koske yritysten, järjestöjen tai yksityisten henkilöiden hallussa olevaa ympäristötietoa. Samat periaatteet pätevät kuitenkin kaikkeen tietoon, kunhan sen omistajan tekijänoikeuksia ei loukata.

Avoimen ympäristötiedon saatavuus rakentamisessa edellyttää, että materiaali ja rakennusosatuottajille on kannustimia hankkia omaa tuotettaan koskevaa ympäristötietoa. Tämän lisäksi heillä pitää olla kannustimet antaa tieto vapaasti sitä tarvitsevien käyttöön. Innostus tuottaa RT-ympäristöselosteiden mukaista tietoa Suomessa on ollut laimeaa, mikä osoittaa sen, että kannustimet ”alhaalta ylöspäin” tuottaa ympäristötietoa ovat olleet heikot. Ympäristötiedon tuottaminen on vaatinut liikaa resursseja ja/tai tuotteiden ympäristösuorituskykyä ei ole nähty tehokkaana kilpailutekijänä.

Vain silloin jos yrityksillä on käytössään kustannustehokas tapa tuottaa tietoa, sitä voidaan ylhäältäpäin, rakentajien tai julkisen vallan toimesta vaatia. Avoimet materiaaliikohtaiset tietokannat ja laskenta-alustat vähentävät tiedon tuotantokustannuksia. Yksittäisen tuotteen näkökulmasta ympäristösuorituskyvyn hyödyntäminen ei ehkä tämä jälkeenkään ole merkittävä kilpailutekijä, mutta ympäristötieto mahdollistaa ympäristötekijöiden liittämisen osaksi rakentamisen päätöksentekoprosessia. Siinä tehtävät päätökset näkyvät kilpailukykyisten ympäristöystävällisten tuotteiden kysynnässä.



## 4 Kustannuslaskennan nykytila

### 4.1 Yleistä kustannuslaskentaohjelmista

Kustannuslaskentaohjelmia on tarjolla rakennushankkeen eri vaiheiden hallintaan. Ohjelmat voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan neljään eri pääryhmään:

1. Rakennuttamiseen, hankesuunnitteluun ja siihen liittyvään päätöksen teko vaiheeseen on tehty kustannuslaskentaohjelmia, jotka ottavat huomioon kustannukset alustavien suunnitelmien ja tilaohjelman perusteella riittävän yleisellä tasolla.
2. Valmiiksi suunnitellun hankkeen toteutusvaihetta varten on tehty tarjous-/kustannuslaskentaohjelmia lähinnä urakoitsijoiden työkaluksi. Nämä ottavat huomioon ko. vaiheen vaatiman tarkkuustason vaatimukset. Näitä ohjelmia varten tarvitaan hankkeesta yksityiskohtaiset suunnitelmat.
3. Toteutusvaiheen aikana tarvitaan sellainen kustannuslaskentaohjelma, jota voidaan käyttää rakennushankkeen kustannusohjaukseen eli verrataan toteutuneita kustannuksia budjetoituihin kustannuksiin.
4. Rakennushankkeen jälkeen toteutuneesta hankkeesta lasketaan toteutuneet kustannukset eli suoritetaan ns. jälkilaskenta, jolloin saadaan toteutunutta hintatietoa uusien rakennushankkeiden tarjouslaskentaan.

Ympäristölaskurin integroiminen tulee kysymykseen lähinnä sellaisiin kustannuslaskentaohjelmiin, joita käytetään rakennushankkeen päätöksen teon apuvälineenä. Toteutusvaiheessa ympäristölaskennan tarpeet ovat vähäisempiä, mutta sovittujen tavoitteiden toteutumista pitää pystyä seuraamaan. Normiston toteutuminen on tärkeää toteutusvaiheessa. Ympäristönormit tulevat joko tilaajalta (tahto) tai tulevaisuudessa viranomaisilta (normistonohjaus).

## 4.2 Kustannuslaskentaohjelmat ja niiden sisältö

Seuraavassa tarkastellaan ympäristölaskennan liittämistä neljään erilaiseen kustannuslaskentaohjelmaan. Ammattikäyttöön tarkoitettuja ovat Haahtela-yhtiöiden Kustannustieto Taku-ohjelmisto, Tocoman Group Oy:n TCM Pro, Rakennustieto Oy:n Klara Net ja Visual Computing Oy:n Talopeli-ohjelmisto.

Haahtela-yhtiöiden Taku-kustannuslaskentaohjelma on tehty vaatimaan ammattikäyttöön. Se soveltuu mm. rakennushankkeiden budjetointiin ja suunnittelun ohjaukseen sekä vakuutus- ja rahoitustoiminnassa rakennusten uudis- ja nykyhinnan laskentaan.

Kustannustieto Taku™ sisältää seuraavat laskentamenetelmät:

- rakennustyyppi- ja toimintapohjainen hinnantarviointimenettely
- tilapohjainen tavoitehintamenettely
- rakennusosapohjainen rakennusosa-arviomenettely.

Tavoitehintamenettelyä käytetään hankesuunnittelussa. Rakennuksen tavoitehintaa lasketaan tilaajan määrittelemistä rakennuksen tila- tai suoritetarpeista. Vaikka tavoitehintaa laskettaessa ei vielä määritellä rakenneratkaisuja, on tyyppillisesti käytetyt tekniset ratkaisut mallinnettu tavoitehintamenettelyssä. Lisäksi hinnantarviointimenettelyn avulla voidaan laskea tavoitehintamenettelyn puolella myös nykyhintaa. (Haahtelan kustannustieto-esitys 2012.)

Kustannustieto-järjestelmä perustuu RT Oy:n ja Haahtelan kehittämään Talo 2000 -nimikkeistöön. Nimikkeistöt on tehty lähinnä rakennuttajien käyttöön siten, että tilasuunnittelussa voidaan edetä budjetointiin ja kustannusten seurantaan. Haahtela-yhtiöt selvittää ympäristölaskennan liittämistä kustannustietojärjestelmään. (Haahtelan kustannustietoesite 2012.)

Tocoman Group Oy:n TCM Pro on osa tuoterakennepohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa tukeva tuote rakennusalan kustannuslaskennan asiantuntijoille. (Tocoman Group Oy 2012).

Tuote sisältää perinteiset tarjouslaskennan työkalut ja tukee lisäksi

- luonnosvaiheen rakennusosalaskentaa
- tilakohtaista määrätiedon hallintaa
- määrä- ja kustannuslaskentaa älykkäillä, helposti muokattavilla tuoterakenteilla.

Se on laajennettavissa tietomallipohjaiseen määrälaskentaan ja laskelmatietojen reaaliaikaiseen siirtoon muihin ohjelmistoihin, kuten aikataulutukseen, hankintaan ja kustannusvalvontaan. TCM Pro tarkastelee kustannuksia ensisijaisesti määrälaskennan näkökulmasta ilman tavoitehintamenettelyä. (Tocoman Group Oy 2012.)

Klara Net on internetissä toimiva laskentaohjelma pienten ja keskisuurten uudisrakennus- ja korjauskohteiden kustannuslaskentaan, jonka pohjana on määrälaskenta. Klara Netillä voi laskea urakkatarjoukset, tehdä kustannusvertailuja, tulostaa erilaisia laskelmia sekä materiaali- ja työmenekkiluetteloita. Ohjelman tietokannassa on RT-kortiston mukaiset rakenteet. (Rakennustieto Oy 2012.)

Klara Net -laskenta toimii rakennusosapohjaisesti. Omat laskelmat voi laatia joko valmiiden mallilaskelmien pohjalta tai puhtaalta pöydältä käyttäen rakennekirjastoa. Klara sisältää materiaali- ja työmenekit sekä niiden kustannukset. (Rakennustieto Oy 2012.)

Klara Netissä on valmiina

- RT-kortiston mukainen rakennekirjasto sisältää noin 1400 erilaista rakennetta
- Ratu-kortiston tutkitut työ- ja materiaalimenekit
- Rakennusteollisuus RT:n viitetuntihinnat
- materiaalitoimittajien ilmoittamat tarvikkeiden ja materiaalien hintatiedot
- myös suunnittelu- ja LVIS-kustannukset
- ohjelmaa voi käyttää kaikkialla, missä on internetyhteys.

Laskennassa voi käyttää Talo 2000, Talo 90 tai Talo 80 -nimikkeistöä. Lisäksi laskelmassa on mahdollista ottaa huomioon kohteen koko. (Rakennustieto Oy 2012).

TaloPeli on tarkoitettu lähinnä omakotitalojen suunnittelijoiden ja pienrakentajien työkaluksi rakennuksen hankesuunnitteluvaiheessa, vaikka lähtökohtana ei olekaan varsinainen tilasuunnitelma. Tuloksena saadaan tietoa rakentamispäätökselle, jatkosuunnittelua ohjaava määrämuotoinen ja systemaattinen kuvaus talosta sekä raami kustannuksille. Laskenta etenee tavoitehintamenetelmän tapaan tarkentuvasti. (Talopeli esite 2012.)

Myös rakennusliikkeet ovat kehittämässä ympäristölaskennan integroimista omiin järjestelmiinsä. Esimerkiksi NCC-yhtiöt kehittää omaa rakennustuotantoon varten tarkoitettua EastModel-ohjelmistoa. Sen avulla määritetään rakennuksen investointi- ja elinkaarikustannukset sekä ympäristökuormitukset ja vertaillaan eri suunnitteluratkaisuja. (NCC-yhtiöt 2012.)

Wood Focus Oy käynnisti vuonna 2003 WoodCost -puurakentamisen kustannuslaskenta hankkeen, jonka tarkoituksena oli selvittää mahdollisuus kehittää materiaalilähtöistä kustannuslaskentaohjelmaa paikkaamaan kustannustiedon puutteita puurakentamisen osalta. Tavoitteena oli puurakentamisen nykyisen kustannustiedon kokoaminen, analysointi, testaus sekä muokkaus ja päivitys julkisesti saatavissa oleviin tiedostoihin. Tietojen tuli palvella erityisesti matalaa ja tiivistä asuntorakentamiskonseptia. (Olenius 2005, 4.)

## 5 Ympäristölaskennan tietotarpeet

### 5.1 Rakentamisen tietformaattit

Perinteisesti kaksiulotteisessa tietokoneavusteisessa suunnittelussa kuvat sisältävät erilaisia piirustusobjekteja, joissa kuitenkin ei ole varsinaista tietosisältöä parametrisoitu. Teollisuudessa on käytössä tuotetiedon arkistointi- ja hallintajärjestelmä PDM (Product Data Management). Järjestelmät tallentavat tietoa tuotteen teknisistä ominaisuuksista, valmistuksesta ja käytetyistä materiaaleista. BIM (rakennuksen tuote- tai tuotetietomalli, engl. Building Information Model) on rakennusalan sovellus tuotetiedon hallintajärjestelmästä. (Koskela ym. 2011,18.)

Rakennusten suunnittelussa ollaan siirtymässä tuotemallipohjaiseen suunnittelumenetelmään (rakennuksen tuote- tai tuotetietomalli, engl. Building Information Model, BIM). Suomessa esim. Senaatti-kiinteistöt on vaatinut arkkitehtisuunnittelun tietomallinnusta jo lokakuusta 2007 lähtien.

Tällä hetkellä rakennusten tietomallit ovat monissa eri tietformaateissa. Eri suunnitteluohjelmilla on käytössä omat formaatit, word- ja excel-pohjaiset dokumentit, erilaiset projektiohjelmat jne. Käyttäjien eri ohjelmistot ymmärtäisivät toisiaan vain, jos he käyttävät yhteistä tietformaattia tai tietoa mihin se on yhdistettävissä.

#### 5.1.1 IFC-formaatti

Tuotemallia käyttävät ohjelmat ovat oliopohjaisia. Oliot ovat kokonaisia tietopaketteja, joilla on määritetty tietotekninen formaatti ja jotka sisältävät erilaisia tietoja, eri näkökulmista ja eri käyttötarkoitusta varten. Suunnittelu tarvitsee olioita koskevaa tietoa ja yksi informaatio voi olla esimerkiksi rakennusmateriaalien elinkaaritieto ja ympäristövaikutukset.

Nyt on käytössä oleva teknologia mahdollistaa tiedonkäsittelyn ja sen hyödyntämisen, mutta toisaalta lisää myös tietotarpeita. (Koskela ym. 2011,18.)

Jotta esimerkiksi tuotetietoa voidaan integroida BIM-malliin, niin tuotteen ympäristöprofiili täytyy esittää yhtenäisellä tavalla. Periaatteessa voidaan käyttää mitä tahansa tietoteknistä formaattia, kun varmistetaan käytettävien tietojen yhteensopivuus eri ohjelmien välillä. IFC (Industry Foundation Classes) malli on rakennusteollisuuden kehittämä malli harmonisoimaan rakennusinformaatiota ja sen jakelua eri osapuolten välillä. XML on yleinen tiedonkuvauksen formaatti. VTT:llä on laadittu rakennustuotteiden ympäristöprofiilitiedoille IFC-kielinen ominaisuuslista. (Koskela ym. 2011,18.)

Kokonaisuudessaankin tilanne Suomessa on kansainvälisesti tarkasteltuna erittäin edistyksellinen. Merkittäviä syitä tähän ovat olleet Tekesin teknologiaohjelmat, erityisesti Vera – Tietoverkottunut rakennusprosessi vuosina 1997 -2002, jonka puitteissa useat tahot kehittivät tarvittavaa teknologiaa ja ottivat sitä käyttöön omissa prosesseissaan. Muun muassa julkinen LifePlan tietokanta (<http://ce.vtt.fi/lifeplan>) on rahoitettu osin Vera-ohjelman kautta. Myös Rakennusteollisuus RT ry:n ProIT-projekti lisäsi merkittävästi valmiuksia tietomallien käyttöön erityisesti suurissa rakennusyhtymissä. Kaikki suuret suomalaiset rakennusyhtymät käyttävät tietomalleja ainakin jossakin määrin omissa prosesseissaan, joskaan eivät käytä toistaiseksi vielä useinkaan IFC-pohjaista tiedonsiirtoa.

### 5.1.2 Talo2000, Talo90 ja Talo80 nimikkeistöt

Talo 2000 -nimikkeistöä laatii ja ylläpitää Talo 2000 –ryhmä, jossa ovat edustettuina kaikki rakentamisen osapuolet. Nimikkeistö on tarkoitettu kaikille rakennusalalla toimiville rakennuttajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille, tarviketeollisuudelle ja rakennustuotekaupalle. Nimikkeistö soveltuu käytettäväksi myös kansainvälisissä hankkeissa. (Rakennustieto Oy 2012.)

Talo 2000 –nimikkeistöä käytetään suunnitteluohjeiden, laatuvaatimusten ja kustannus- ja menekkitiedostojen sekä määrälaskennan ja sopimusasiakirjojen vakiointiin ja yhdenmukaistamiseen. Nimikkeistö tukee rakentamisen tietotekniikkaa, tuote- ja prosessimallinnusta.

Se on tiedon vaihdon perusta rakennushankkeen eri osapuolten välillä. Edelleen kuitenkin urakoitsijat käyttävät myös Talo 80 –nimikkeistöä, jossa on eritelty heidän tarpeisiinsa työ- ja materiaalimenekit. (Rakennustieto Oy 2012.)

Rakennus kuvataan nimikkeistössä tuoterakenteina sekä rakennus- ja tekniikkaosina, ja tuotanto kuvataan panosrakenteina, kuten tuotteina, työnä ja kalustona. Nimikkeistön keskeiset käsitteet on koottu kuvio 5. Talo 2000 –nimikkeistö luokittelee rakennuksen ja hankkeen osanimikkeistöjen avulla. Nimikkeistössä on otettu huomioon rakennuksen osien erilaiset elinkaaret. (Rakennustieto Oy 2012.)



TERMI	MÄÄRITELMÄ
Laskelma	Kun määrä- tai rakenneluetteloon lisätään nimikkeiden hinnat, syntyy laskelma
Luettelo	Erittelee rakennuksen suunnitelman mukaisia yksityiskohtia esim. tiloja, rakennusosia ja rakennustuotteita tai tehtäviä ja hankintoja.
Määräluettelo	Luettelo jossa on esitetty myös määrät on määräluettelo.
Rakenneluettelo	Määräluettelo jossa kuvattu myös rakenteet on rakenneluettelo.
Rakennemalli	Malli rakenteesta, jossa on kuvattu rakennekerrokset, materiaalit ja niiden paksuudet.
Rakennusosa	Rakennuksen kiinteä osa esim. ulkoseinä, ikkuna jne.
Rakennustuote	Rakentamiseen käytettävä hyödyke, joka jää rakennuksen pysyväksi osaksi tai käytetään loppuun rakentamisen aikana.
Suunnitelma	Suunnitelmia ovat mm. ohjelmat, luonnos, tuotanto-, pää- tuotantopiirustukset, tuotantosuunnitelmat ja aikataulut.
Tuotemalli	Tilojen ja rakennusosien tuoterakenne esitetään tuotemallisissa rakennustuotteina, joille kohdistetaan tuotenimike.
Tuoterakenne	Tuoterakenne koostuu rakennustuotteista ja niiden mitoituksesta.

Kuvio 6. Rakentamisen tietformaatteihin liittyvät käsitteet. (Talo 2000 - nimikkeistö 2008, 15.)

Talo 2000 -nimikkeistössä ei ole toistaiseksi ympäristölaskentaan liittyviä käsitteitä, mutta kuvio 6 mukaisesti määrä- tai rakenneluettelo ympäristötiedolla lisättyinä voitaisiin kutsua ympäristölaskelmaksi.

### 5.1.3 RT-kortistot

Suomen Arkkitehtiiliiton Jälleenrakennustoimiston nimellä toimintansa aloittanut Rakennustieto sai alkunsa 1942, aikana jolloin suomalaiset puhalsivat yhteen hiileen sodan keskellä. Rakennustietoa Alvar Aallon mukana oli perustamassa toinen Suomen arkkitehtuurin suurimpia nimiä ja kansainvälistä mainetta saavuttanut Viljo Revell.

Pian järjestelmästä kehittyi ohjeistus palvelemaan myös rauhanajan tarpeita ja ensimmäisen kortiston perusta, 70 standardin sarja, valmistui 1943. RT-kortisto on suomalaisen rakentamisen peruspilari. (Rakennustieto Oy 2012).

Rakennustieto kustantaa ja julkaisee ohjeita, joiden mukaan suomalaiset rakennukset, sillat ja tiet suunnitellaan ja rakennetaan, kiinteistöt hoidetaan ja sisustetaan, tietoverkot vedetään ja työmailla toimitaan. Alan ammattilaisista koostuvien toimikuntien työn tuloksena syntyvät rakentamista ohjeistavat RYL:it eli rakennusalan yleiset laatuvaatimukset sekä ohjekortit, joiden julkaisijana toimii puolueeton Rakennustietosäätiö RTS. Ennen julkaisemista ohjeet käyvät läpi lausuntokierroksen ja löytyvät myös nettisivuilta, joten niitä voi kuka tahansa asiaan perehtynyt vielä kommentoida. (Rakennustieto Oy.)

Ympäristötietoa voidaan siirtää RT-kortistossa olevien tyyppirakenteiden mukana. Esimerkiksi Saaren (2000) rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet yhdistävät materiaalipohjaisen ympäristötiedon RT -tyyppirakenteisiin ja Talo 90 -luokitukseen. Jos tämä tieto yhdistetään sähköisessä muodossa suoraan yhdeksi tyyppirakenteen ominaisuudeksi, niin niitä hyödyntävissä suunnitteluohjelmissa kuten Klara Netissä, ympäristötieto kulkisi suunnittelun rinnalla suhteellisen pienellä panostuksella.

## **5.2 Rakennusmateriaalien ympäristökuormitusten tietokannat**

Ympäristökuormitukseen liittyviä tietoja ei ole koottu yhteen tietokantaan. Tältä osin tilanne on vähän saman kaltainen kuin ympäristölaskennan osalta. Käyttäjät turvautuvat helpoiten saatavilla oleviin tietoihin. Tietokannan valinta vaikuttaa merkittävästi tuloksiin. Esimerkiksi ECO2-hankkeessa tehdyt vertailut (Kuittinen 2011) osoittavat merkittävää vaihtelua käytetyimpien Eurooppalaisten tietokantojen välillä. (Kuittinen 2011.)

Ympäristölaskentaan liittyvät tietokannat ovat pääsääntöisesti kansainvälisiä lisenssiointia vaativia tietokantoja. Tällaisia ovat mm. ATHENA, GABi, Simapro ja Ecoinvent. Kotimaassa VTT on kehittänyt tuotekohtaisia tietokantoja teollisuuden ympäristövaikutusten hallintaan mm. seuraaville tuotteille:

- sementit (LCA-Sementti)
- betonituotteet (Bertta, Betteri)
- luonnonkivituotteet (KIVITYÖKALU)
- kalliorakenteet, talorakenteet (BeCost)
- muuratut rakenteet (Optiroc-Tuote, Optitoc-Talo)
- puutuotteet (LCA-parketti)
- talotekniset tuotteet (TAKE-LCA-useita tuotteita)
- terästuotteet(parvekkeet, paaluosat) ym. (Koskela ym. 2011,18.)

Ilman lisenssimaksua käytettävissä olevien avoimien tietokantojen saatavuus on selvästi kasvamassa viime vuosina. Myös EU pyrkii edistämään avoimen ympäristötiedon saatavuutta. Mielenkiintoinen hanke on European Reference Life Cycle Database (ELCD core database), version II. Se sisältää hyvin yksityiskohtaisia tietoja yli 70 rakentamiseen liittyvästä materiaalista tai tuotteesta. Aineisto on vapaasti kenen tahansa hyödynnettävissä. Kuten muillakin tietokannoilla on alueellinen soveltuvuus keskeinen ongelma. Myös tarkasteltujen materiaalien ja tuotteiden määrä on riittämätön kokonaisten rakennusten arviointiin.

Bathin yliopistossa on kehitetty rakentamisen ympäristövaikutuksiin keskittyvää avointa Inventory of Carbon and Energy-tietokantaa(ICE, Hammond & Jones 2011). Rajaamalla tarkastelu pelkästään materiaalien ja tuotteiden valmistuksen sitomaan energiaan ja hiileen, tietokantaan on koottu tiedot yli 350 rakennustuotteesta ja materiaalista. (Hammond, Geoffrey, Craig & Jones 2011 .)

Taulukossa 3 on esimerkkejä rakennustuotteiden ympäristötietokannoista Euroopassa. Niiden toteutustapa vaihtelee xml-tietokannoista(Saksa) strukturoimattomiin www-sivustoihin(Suomi, Norja).

Taulukko 3. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden avoimia tietokantoja (Räty, Lindqvist, Nuutinen, Nyrud, Perttula, Riala, Roos, Tellnes, Toppi-  
nen & Wang 2012).

Maa	Rakennus materiaalien tai tuotteiden lukumäärä, likimain	Sisältö	Viite
Suomi	muutamia	Ympäristöselosteita	<a href="http://www.rts.fi/ymparistoseloste/voimassaolevatympselosteet.htm">http://www.rts.fi/ymparistoseloste/voimassaolevatympselosteet.htm</a>
Ranska	600	Yli 5000 nimikettä	<a href="http://www.inies.fr/">http://www.inies.fr/</a>
Saksa	160	Ympäristöselosteita	<a href="http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm">http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm</a>
Saksa	600	Tietokannat ja ympäristöselosteet	Ökobau.dat
Englanti	350	Julkaistu tutkimustieto	Inventory of Carbon & Energy
EU	70	Julkaistu tutkimustieto	<a href="http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/index.vm">http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/index.vm</a>
Norja	66	Ympäristöselosteita	<a href="http://www.epd-norge.no/?lang=en_GB">http://www.epd-norge.no/?lang=en_GB</a>
Ruotsi	muutamia	Ympäristöselosteita	<a href="http://www.msr.se/sv/epd/">http://www.msr.se/sv/epd/</a> <a href="http://www.environdec.com/">http://www.environdec.com/</a>

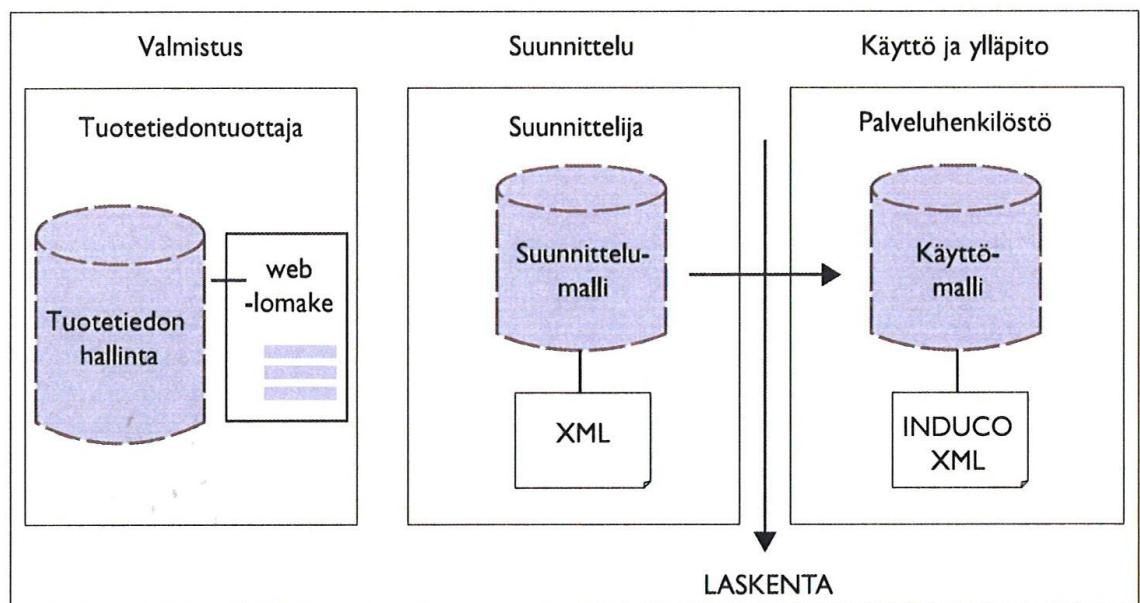
Useat tietokannoista perustuvat ympäristöselosteisiin (EPD, Environmental Product Declarations). Myös Suomessa on ollut kiinnostusta ympäristöselosteiden laatimiseen, mutta toimivaa järjestelmää ei ole saatu aikaiseksi. REM ja EKA hankkeiden ohessa tuotettujen ympäristöselosteiden jälkeen ovat materiaali-tuottajat tuottaneet vain muutamia RT-ympäristöselosteita omakustanteisesti. Suomessa olisi jo olemassa valmis avoin myös ympäristötiedon strukturoituun esittämiseen soveltuva xml-tietokanta LifePlan (<http://ce.vtt.fi/lifeplan>). Sen viimeiset sisältöpäivitykset ovat vuodelta 2006.

Työ- ja elinkeinoministeriö on laatinut "Suomen kansallinen puupohjaisten tuotteiden julkisten hankintojen politiikka" -raportin, joka antaa suosituksia kestävien puupohjaisten tuotteiden hankintaan. Suosituksissa tarkastellaan puupohjaisten tuotteiden raaka-aineen kestävyden todentamista, tuotteeseen suoraan liittyviä tuotanto- ja käyttövaiheen ympäristövaikutuksia sekä loppusijoituksesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Raportissa määritellyt periaatteet luovat edellytykset puupohjaisten tuotteiden valintaan ja helpottavat ostotyötä ja neuvotteluja tuotteiden valmistajien kanssa. (Motiva 2010.)

### 5.3 Tietokannat yhdistävä rajapinta kustannuslaskentaan

Jotta ympäristölaskuri voidaan integroida osaksi rakentamisen kustannuslaskentajärjestelmää, niin tulee olla selvillä se tietoformaatti, missä muodossa oleva ympäristötieto voidaan integroida kustannuslaskentajärjestelmään.

Kuviossa 6 on esitetty periaatteellinen toimintakaavio, jotta tuotetietoa voidaan paremmin hyödyntää rakennuksen tuotemalleissa. INDUCO-projektin tuloksena syntyi esittelymateriaalia tuotevalmistusdatan integroinnista ja käytöstä BIM rakennemallissa. Siinä suunnitteluohjelmana, johon integrointi tehtiin, käytettiin TeklaStructures (version 14.1) ohjelmaa. (Koskela ym. 2011,18.)



Kuvio 7. Tuotetiedon hyödyntäminen suunnittelu- ja ylläpitomallissa käyttäen Web-lomaketta ja XML-kielistä strukturoitua formaattia tuotetietojen siirrossa (INDUCO-projekti) (Koskela ym. 2011, 19).

Rakennusten elinkaarenhallinnan parantaminen tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen avulla on parhaillaan vilkkaan kehittämisen kohteena Euroopassa. Esimerkiksi Euroopan komission 7. puiteohjelman ENV-hanke Sustainability and Performance Assessment of Buildings (SuPerBuildings)<sup>13</sup> kehittää menettelytapoja kestävän rakentamisen tiedon hallintaan ja BIM-integrointiin. (Koskela ym. 2011,19.)

## 6 Kustannuslaskentaohjelmien ja ympäristölaskurin integrointi

### 6.1 Ympäristölaskurin sisältö

Jotta elinkaariominaisuudet, kuten tilojen toimivuus ja laatu sekä ympäristövaikutukset ja elinkaarikustannukset voivat olla kilpailutekijä, niin rakennus- ja kiinteistöala tarvitsee yhtenäiset mittaristot. Kestävän kehityksen eri indikaattoreiden sekä niihin liittyvien menetelmien ja luokitusten avulla voidaan osoittaa rakennetun ympäristön ja kestävä kehityksen eri osatekijät ja syy-seuraussuhteet. (Häkkinen & Suikka 2005, 15.)

Valittaessa ja kehitettäessä rakennus- ja kiinteistöalan ekotehokkuuden menettelytapoja ja mittareita sekä niihin liittyviä indikaattoreita lähtökohtana tulee olla pääkäyttäjien ja heidän käyttötarpeidensa identifiointi. Rakennusalan eri toimijat tarvitsevat mittareita päätöksenteossa, toiminnan johtamisessa, markkinoinnissa ja raportoinnissa. (Häkkinen & Suikka 2005, 15.)

Ympäristölaskuria kehitettäessä on valittava sellaiset ympäristökuormitusta kuvaavat indikaattorit, joilla on käyttötarkoitus päätöksenteossa. Esimerkiksi rakennusmateriaalien aiheuttamia ympäristökuormituksia tulisi kuvata siltä osin kuin rakentamisen säädökset edellyttävät tai rakennuttaja/ostaja haluaa.

Erilaisten ympäristövaikutusten seurantaan tarvitaan indikaattoreita. Indikaattorit ovat osoittimia, joiden avulla tieto monimutkaisista ilmiöistä, kuten ympäristön kuormituksesta, yksinkertaistetaan helposti ymmärrettävään ja käytettävään muotoon. Näin asia on helpompi kertoa niillekin, jotka eivät ole alan ammattilaisia tai jotka tarvitsevat tiedon nopeasti. Indikaattorit auttavat myös selittämään, kuinka asiat ovat muuttuneet ajan myötä ja kuinka ne ovat kehittyneet suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. (Rakennustietosäätiö RTS 20019.)

Tärkeä indikaattorin ominaisuus on objektiivisuus. Lisäksi indikaattorien pitää olla sellaisia, että niiden tulokset ovat toistettavia. Hyvän indikaattorin arvo ei muutu mittaajan vaihtuessa, ja mittausmenetelmien tulee olla standardoituja. Indikaattorin olisi hyvä olla myös kansainvälisesti vertailukelpoinen, vaikka sitä ensisijaisesti käytettäisiin kotimaassa. (Rakennustietosäätiö RTS 20019.)

Indikaattorien käytössä riskinä saattaa olla yksinkertaistaminen, jollain tietoa voi hävitä liikaa. Tilanteen koko kuva ei välttämättä tule esiin vain muutamaa indikaattoria käyttämällä. Toisaalta tämä asettaa haasteen sellaisten indikaattorien kehittämiseen, joilla harhaanjohtamisen mahdollisuus olisi minimaalinen. (Rakennustietosäätiö RTS 20019.)

Erilaisia rakentamiseen ympäristövaikutusten indikaattorijoukkoja on koottu taulukkoon 4. Laajin mittarijoukko on eurooppalaisissa ympäristöselosteiden standardeissa EN15804.



Taulukko 4. Ympäristöindikaattorit. (EN15804, 2011.)

EN 15804	RIL-216-2001	RT-ympäristöseloste
Ilmastomuutos	X	X
Otsonikato		
Maaperän ja veden happamoituminen	X	X
Rehevöityminen		
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen		
Elottomien ympäristötekijöiden ehtyminen		
Uusiutuvan energian käyttö pois lukien materiaalin käyttö	X	
Materiaalina käytetty uusiutuva energia		X
Uusiutuvan energian kokonaiskulutus		X
Uusiutumattoman energian käyttö pois lukien materiaalina käytetty	X	
Materiaalina käytetty uusiutumaton energia		X
Uusiutumattoman energian kokonaiskulutus		X
Uudelleen käytettävät materiaalit		
Uusiutuvien polttoaineiden uudelleen käyttö		
Uusiutumattomien polttoaineiden uudelleen käyttö		
Veden käyttö	X	
Ongelmajätteet	X	
Tavalliset jätteet	X	
Radioaktiiviset jätteet		
Osien uudelleen käyttö		
Raaka-aineiden kierrätys		
Raaka-aineiden hyödyntäminen energiantuotannossa		
Viety energia		

Energian kulutuksesta RIL huomioi vain tuotteen valmistuksessa käytetyn energian. RT-ympäristöselosteet huomioivat myös materiaalin energiasisällön. Mikään kolmesta indikaattorijoukosta ei sisällä suoraan hiilijalanjälkeä. Ilmastomuutoksen indikaattori käsittää vain emissiot ilmaan. Hiilijalanjälki on laskettava materiaali ja energiatietojen perusteella .

Ympäristölaskuriin tarvitaan indikaattoreiden lisäksi myös lähtötietoina tiedot seuraavista asioista:

- tuote- ja materiaalitiedot
- rakennemallit
- tuotteiden/materiaalien määrätiedot
- työmenekki varsinaiseen rakentamiseen liittyvistä koneiden käytöstä.

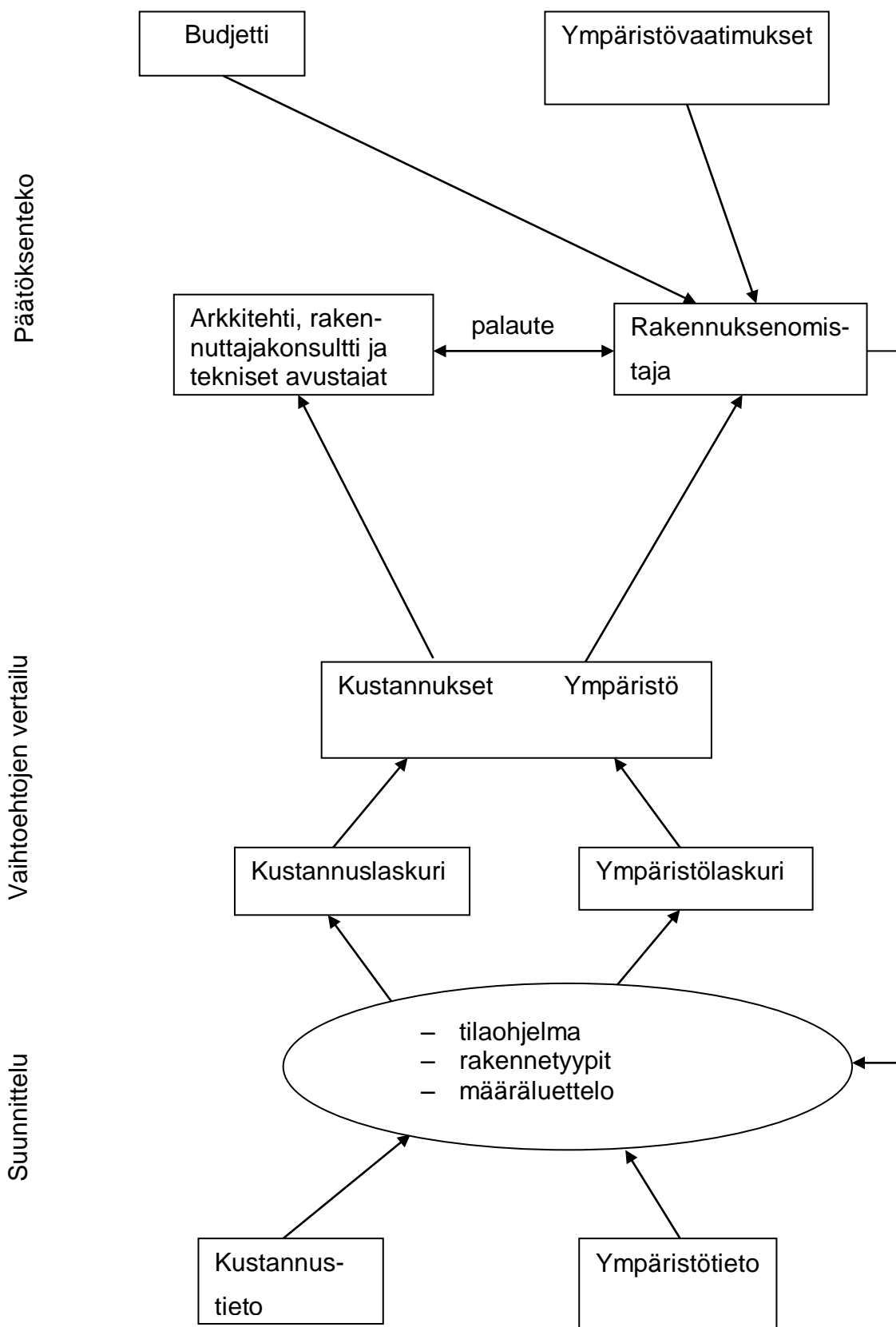
## 6.2 Ympäristölaskurin integrointi kustannuslaskentaohjelmiin

Ympäristölaskurin integroimiseksi kustannuslaskentaohjelmiin tarvitaan yleiset, sekä yhteisesti hyväksytyt että käytetyt tietokannat. Tarvittava tieto rakennuksesta on olemassa jo valmiina hyvin pitkälle, mutta näiden tietojen yhdistäminen ympäristötietoon vaatii työtä.

Rakennusalalla käytössä olevat ympäristölaskentaa tukeva tieto on pitkälle olemassa seuraavissa tietokannoissa:

- Talon 2000 -nimikkeistö. (Talon 2000 -nimikkeistö 2008).
- Talon 80 -nimikkeistön mukaiset materiaali- ja työmenekit tai vaihtoehtoisesti Ratu-kortiston työmenekit (Talon 80 määrälaskentaohje 1989).
- RT-kortiston tuotetietokanta tai vaihtoehtoisesti Rasi-tuotetietokanta materiaalien osalta. (Rakennustieto Oy 2011).
- RT-kortiston rakennetyypit. (Rakennustieto Oy 2011).
- rakentamisen työmenekit. (Rakennustieto Oy 2011).
- rakennustyökoneiden ja kuljetusajoneuvojen polttoaineen kulutus.

Nämä tiedot ovat ainakin osaltaan valmiina jo kustannuslaskentaohjelmissä. Kustannuslaskelmiin on vain tehtävä tarvittava rajapinta ko. tietokantoihin. Ympäristölaskennan integrointi kustannuslaskentaan on kuvattu alla olevassa kuviossa 8.



Kuvio 8. Ympäristölaskennan liittyminen rakentamisen eri vaiheisiin

Niin kustannus- kuin ympäristölaskennankin tietopohja muuttuu rakennushankkeen edetessä. Kuviossa 8 silmukkarakenne päätöksenteosta takaisin suunnitteluun kuvaa tätä muutosta. Hankesuunnittelussa laskenta voidaan perustaa pelkästään tilaohjelmiin, mutta kustannus ja ympäristölaskenta perustuvat oletettuihin tyyppirakenteisiin. Rakennussuunnittelussa ja urakkatarjousvaiheessa pohjana ovat vaihtoehtoiset rakennetyypit. Koko rakennusta kokeva ympäristölaskenta voi perustua pelkästään määräluetteloon, mutta siinä rakennuksessa käytettävät rakennetyypit ovat jo määritelty päätöksentekoa ajatellen.

Vaikka tiedon tarkkuus ja käytettävissä olevien vaihtoehtojen määrä vaihtelee hankkeen edetessä, niin sekä kustannus että ympäristötieto perustuvat viimekädessä rakennetyyppeihin. Myös ympäristölaskennan integrointi rakentamiseen tapahtuu tällä tasolla, mutta se vaatii kuitenkin hankesuunnitteluvaiheessa tarkempaa tietoa rakenteista.

Rakenteiden kustannukset voidaan arvioida hankesuunnitteluvaiheessa kokeemukseen perustuen ilman tarkkaa tietoa käytettyjen materiaalien laadusta tai määrästä. Ympäristölaskenta puolestaan edellyttää hyvin tarkkaa tietoa molemmista. Tämä ei ole ongelma rakennussuunnittelussa tai jälkikäteen tehtävissä laskelmissa, mutta hankesuunnitteluvaiheessa ympäristölaskenta vaatii enemmän tietoa kuin kustannuslaskennassa tai tavoitehintalaskelmissa, jota nykyään käytetään.

Tavoitehinnan ohella laskettavia ympäristövaikutuksia voidaan havainnollistaa vain, jos käytössä on ympäristövaikutuksiltaan vaihtoehtoisia rakenteita ja suunnittelun työvälineet mahdollistavat näiden ympäristövaikutusten vertailun. Yksinkertaisimmillaan kyse voisi olla Talo 2000 -nimikkeistöön perustuvista materiaalityypisistä vaihtoehdoista Talorakentamisen kustannustiedossa. Tämä edellyttää, että tilasuunnitelmaa laadittaessa tilasuoritteisiin liitetään tieto myös rakenteen pääasiallisesta materiaalista. (Haahtela & Kiiras, 2007.)

Koska materiaali ja työmenekit lasketaan nykyään vielä pääsääntöisesti Talo 80 -nimikkeistön mukaisesti, tämä on ympäristötietokantojen kehittämisen näkökulmasta keskeinen tekijä. Ympäristötietokannasta pitäisi pystyä lukemaan vähintään materiaaleja, mutta tarvittaessa myös RT-tyyppirakenteita koskeva tieto tämän nimikkeistön mukaisesti. Tämä linkki mahdollistaa ympäristölaskennan rakennussuunnitteluvaiheessa, mutta hankesuunnitteluvaiheessa ongelmana on Talo 80 -nimikkeistön linkittäminen Talo 2000 -järjestelmään.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena on ollut kartoittaa ympäristölaskennan nykytila ja selvittää, millaista tietoa rakenteesta ja rakennuksesta pitää olla, että tietoa voidaan hyödyntää hankesuunnitteluvaiheessa käytettävissä työkaluissa. Lisäksi opinnäytetyössä on selvitelty hankesuunnittelun työkaluissa käytettäviä rakentamisen tietoformaatteja ja sitä, miten ympäristötieto on niihin liitettävissä. Tärkein pohdinnan aihe on ollut se, miten rakennusmateriaaleihin liittyvää elinkaari-tietoa voidaan käyttää ympäristönäkökohdat huomioon ottavan johtamisen väli-neenä.

### 7.1 Kustannus- ja ympäristölaskennan integroinnin hyödyt ja toteutettavuus

Kuten jo aikaisemmissa luvuissa on todettu, niin on selkeä tarve saada ympäristölaskenta päätöksenteon apuvälineeksi. Perusajatuksena on se, että rakennuksen kustannukset ja ympäristövaikutukset syntyvät samoista tekijöistä: materiaalien, resurssien ja itse rakennuksen käytöstä. Helpoimmillaan ympäristövaikutukset saadaan korvaamalla yksikköhinnat elinkaarivaiheeseen liittyvällä ympäristökertoimella. Integroitu järjestelmä mahdollistaa kustannus- ja ympäristövaikutusten rinnakkaisen simuloinnin ilman, että suunnittelijan täytyy opetella uusia työkaluja.

Rakennushankkeen ympäristövaikutuksia koskeva tieto tulisi saada yhtä vaivat-tomasti kuin kustannustieto osaksi hanketietokantaa heti hankkeen alusta lähti-en. Näin sen käyttö on kustannuksiltaan ja työmäärältään kaikkien rakennus-hankkeen osapuolten hyväksyttävissä.

Onnistuakseen tämä vaatii yhteisen nimikkeistön kustannuslaskennan kanssa samoin kuin rajapintojen kehittämisen kustannuslaskentaohjelmistojen ja ympäristötietokantojen välille. Ympäristötietoa pitää laajentaa siihen rajapintaan, jolla kustannuslaskentaohjelmat poimivat tietoja lähtötietokannoista koskien rakennusmateriaaleja, käytettyjä rakenteita ja rakennusosia sekä työmenekkiä rakentamiseen käytettävien koneiden osalta.

Kehitysyö hankesuunnittelun, kustannuslaskennan ja tietomallien osalta kuuluu pääasiallisesti työvälineitä kehittäville yrityksille. Teollisuusjärjestöt ja julkiset toimijat varmistavat ympäristötiedon tiedon saatavuuden ja sen yhdenmukaisuuden. Tiedon ja sen siirtoformaattien avoimuus luo markkinoita ohjelmistoille ja ympäristötiedon tehokkaalle käytölle.

Haahtela-yhtiöiden Taku™-kustannuslaskentaohjelma on tarkoitettu erityisesti rakennuttajille hankesuunnitteluvälineeksi. Ongelma palautuu viimekädessä materiaalimenekkiin laskemiseen. Materiaalivalinnoilla on usein suurempi ympäristövaikutus kuin kustannusvaikutus, eli ympäristölaskennan liittäminen osaksi työkalua on pelkkää kustannuslaskentaa vaikeampi ongelma. Käytännössä ympäristölaskenta onnistuu vain silloin, jos materiaalitietoa liitetään osaksi suoritelaskentaa.

Talopeli on toiminnallisilta ominaisuuksiltaan tarkoitettu rakennushankkeen päätöksentekovälineeksi lähinnä pienrakentajille, jossa myös materiaalimenekkiin saaminen lähtötietoihin vaatii selvittämistä ympäristölaskentaa ajatellen. Ongelma on hyvin samankaltainen kuin Taku™-kustannuslaskentaohjelmassa.

Perinteiset elinkaarilaskentamallit laskevat kustannuksia vasta pitkälle vietyjen suunnitelmien perusteella, minkä vuoksi vaikutusmahdollisuudet jäävät vähäisiksi. Esimerkiksi NCC:n EstModel-ohjelmassa kustannukset määritellään suunnittelun edetessä. Lähestymistapa on ilmeisesti sidottu rakennuksen tietomallin työkaluihin (NCC-yhtiöt 2011).

Muissa kustannuslaskentaohjelmissa lähtökohtana on tarjouslaskenta eli se vaihe, kun ollaan jo pyytämässä suunnitellun rakennushankkeen urakkahintaa. Näitä ohjelmia ei voida käyttää ainakaan järkevästi rakennushankkeen alkuvaiheessa, mutta ympäristölaskennan integrointi tarjouslaskentaan mahdollistaa hankesuunnitteluvaiheessa asetettujen tavoitteiden seurannan urakkakohtaisesti.

Toisaalta ympäristölaskurin integrointi näihin lähinnä tarjouslaskentaa ja kustannusseurantaan varten tehtyihin ohjelmiin on helpompaa, koska niissä on valmiina tiedot materiaalien määristä ja laadusta ja käytetyt rakennemallit.

Ohjelmistosta riippumatta ympäristötiedon onnistuneeseen käyttöönottoon vaikuttavat:

- helppokäyttöinen käyttöliittymä ympäristötietoon, mikä ei vaadi uusien työkalujen opettelua
- hajallaan olevan tiedon yhdistäminen yhteen järjestelmään
- räätälöitävät moduulit asiakkaan tarpeen mukaan
- automaattiset integraatiot ja helppo tiedon jatkokäsittely
- mahdollisuus tarkastella vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja.



## 7.2 Ratkaistavia ongelmia rakentamisen ympäristölaskennan käyttöön otossa

Kuviossa 6 tarkasteltiin miten hankkeen eteneminen vaikuttaa ympäristötiedon käyttöön hankkeen eri vaiheissa. Mitä pitemmälle hanke etenee, sitä kapeammaksi muodostuu ratkaisuvaihtoehtojen vaihteluväli niiden aiheuttamien ympäristökuormitusten osalta.

Tarveselvitysvaiheessa vaihteluväli on suurin, silloinhan vasta vertaillaan erilaisia tilan hankintavaihtoehtoja. Hankesuunnitteluvaiheessa mitoitetaan tilaohjelma ja asetetaan tiloille niihin sijoittuvan toiminnan vaatimukset. Rakennussuunnitteluvaiheessa massoitellaan rakennus ja suunnitellaan sen yksityiskohdat. Toteutusvaiheessa erilaisista tuotantoratkaisuista aiheutuva ympäristökuormitusvaihtelu on vähäinen verrattuna edellisiin vaiheisiin (Rakentajan ekotieto uudisrakentaminen 2000, 38).

Ratkaisematta olevat ongelmat ympäristölaskennan integroimiseksi käytössä oleviin kustannuslaskentaohjelmiin jakautuvat kahteen eri aihepiiriin. Ensimmäinen ongelma on saada käyttöön yhteiset tietokannat. Toinen ratkaistava ongelma on tietoformaatit integroitavien ympäristölaskenta- ja kustannuslaskentaohjelmien, sekä rakennuksen tietomallien välille.

Yhteisten tietokantojen käyttäminen on hyvin pitkälle sopimuskysymys eri toimijoiden välillä, joilla on hallussaan ja oikeudet ko. tietokantoihin. Kansainvälisesti on jo olemassa hyviä esimerkkejä Saksasta, Ranskasta ja Englannista avoimista rakentamista palvelevista ympäristötietokannoista (ks. taulukko 2). Lisensoinnin ohella ongelmana on käytettävän tiedon sisältö. Uuden tietokannan sisältöä kehitettäessä voidaan käyttää CEN TC350 -standardien kriteereitä.

Kustannus ja ympäristölaskennan tiedonsiirto määräytyy kustannuslaskennassa käytettävien rakentamisen nimikkeistöjen avulla. Ongelma voidaan ratkaista sovelluskohtaisesti, mutta nimikkeistön ja rajapinnan täytyisi palvella myös rakentamisen tietomallia. Siinä ympäristötieto välittyy tätä varten määritellyn IFC ominaisuuslistan (Property set) parametreina. Koska tietomallien käyttö erityisesti ammattimaisessa rakentamisessa on vakiintumassa, pitäisi ympäristötietokannat ja yhteydet hankesuunnittelunvälineisiin ja kustannuslaskentaan rakentaa alusta lähtien yhteensopivaksi kotimaisen tai kansainvälisen ympäristötiedon IFC Property set -sisällön kanssa. Tarvittavat määritelmät on jo luotu VTT:ssä, mutta ne eivät ole vapaasti muiden tuotekehittäjien käytössä.

Tällä hetkellä ympäristölaskennassa tehdään laskelmia rakennushankkeesta jälkikäteen ns. jälkilaskentana, joilla ei ole vaikutusta itse rakennushankkeen toteuttamista ajatellen. Materiaaleihin ja työvaiheisiin liittyvä tieto on hajallaan ja niiden käyttö edellyttää erityissaamista, joka ei kuulu suunnittelijoiden koulutukseen. Tämän seurauksena rakennuksista tuotettu ympäristötieto on valikoivaa ja tapauksia kuvailevia esimerkkejä on hankala hyödyntää.

Jatkossa onkin tarve kehittää avoin rakennushankkeen eri vaiheissa hyödynnettävissä oleva kustannuslaskentaan ja BIM-tietomalliin integroitu ympäristötietojärjestelmä. Sen tulee pitää sisällään laskentatyökalujen lisäksi avoin ympäristötietokanta, jota voidaan hyödyntää rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa.

## Lähteet

Anttonen, M.2008. IFC-tietomallin mukaisen tiedon jäsentäminen, käsittely

ja siirto. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknista-  
loudellinen tiedekunta. Tietotekniikan osasto

Airaksinen, M., Hietanen O., Manninen, A., Reijula, K. & Vainio, T. 2011. Ra-  
kennetun ympäristön roadmap:Tekesin loppuraportti

[http://www.tekes.fi/fi/document/.../rakennetun\\_%20ympariston%20.  
12.9.2012.](http://www.tekes.fi/fi/document/.../rakennetun_%20ympariston%20.12.9.2012)

Ding, C. 2008. Sustainable construction – The role of environmental assess-  
ment tools. Journal of Environmental Management 86(3)

Euroopan unionin virallinen lehti L88 2011

Haahtelan kustannustietoesite 2012

[http://www.haahtela.fi/Kustannustieto/Kustannustieto-  
esite.pdf](http://www.haahtela.fi/Kustannustieto/Kustannustieto-<br/>esite.pdf).12.9.2012.

Haahtela, Y., Kiiras, J. 2007. Talonrakennuksen kustannustieto. Tampere :  
Tammer-paino Oy

[http://www.haahtela.fi/index\\_tuot.html](http://www.haahtela.fi/index_tuot.html)). 12.9.2012.

Haapio, A., Viitaniemi, P. 2008. A Critical review of buildibg environmental as-  
sessment tools. Helsinki

Hammond, Geoffrey, P.,Craig I. & Jones 2011. ‘Embodied Carbon. The Invento-  
ry of Carbon and Energy (ICE) a joint venture of the University of Bath and the  
BuildingServices Research and Information Association (BSRIA), BSRIA BG  
10/2011

Hellsten, J. 2011. Rakennuslehti. Helsinki: Suomen Rakennuslehti Oy

<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/rakentaminen/26971.html>.  
12.9.2012.

Häkkinen, T., Suikka, A. 2005. Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö- ja elin-  
kaarimittarit. Vantaa: Dark Oy

Junnila, S., Saari, A. 1998. Asuinkerrostalon rakennusteknisten rakennusosien  
elinkaaren ympäristökuormat Raportti 167, Espoo: Teknillinen kor-  
keakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto, Rakentamista-  
lous

Kansallisen elinkaarimallin kehityshanke 2009.

<http://www.elinkaarimallit.fi/Aineisto/24-elinkaari.html>. 12.9.2012.

Kuittinen, M., 2011. Esitelmä Puupäivä 2011 seminaarissa 27.10.2011, Wanha Satama, Helsinki.

<http://www.puupaiva.com/ohjelma/uusintapuututkimusta/puurakentamisen-hiilijalanjalki>.12.9.2012.

Koskela, S., Korhonen, M., Seppälä, J., Häkkinen, T. & Vares, S. 2011. Materiaalinäkökulmia rakennusten ympäristöarvioinnissa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134333&lan=fi>. 12.9.2012.

Motivan 2011. Energiatodistus

<http://energiatodistus.motiva.fi/> .12.9.2012.

NCC-yhtiöt

[http://www.ncc.fi/konseptit/konseptit/rakentaminen/ekokonsepti/fi\\_FI/EkoKonsepti\\_FAQ/](http://www.ncc.fi/konseptit/konseptit/rakentaminen/ekokonsepti/fi_FI/EkoKonsepti_FAQ/).12.9.2012.

Olenius, A.,2005. Puurakenteiden kustannustiedot . Wood Focus Oy

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-puurakenteiden-kustannustiedot/puurakenteiden-kustannustiedot.pdf>).12.9.2012.

Oulun rakennusvalvonta. Energiajuniori-laskuri

<http://www.pientalonlaatu.fi>) .12.9.2012.

Oulun rakennusvalvonta 2011. Energiajunior

<http://www.pientalonlaatu.fi/>.12.9.2012

Puuinfo Oy 2011. Ajankohtaista.

<http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/rakentamisen-ymparistovaikutuksilla-suuri-yhteiskunnallinen-merkitys>. 12.9.2012.

Pro It-projekti 2006.

[http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_sanasto\\_v10.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf).12.9.2012.

Rakennustietosäätiö RTS 2001. RT-ympäristöseloste.

<http://www.rts.fi/ymparistoseloste/ystermit.htm> .12.9.2012.

<http://www.rts.fi/ymparistoseloste/index.htm>. 12.9.2012.

<http://www.rts.fi/Ymparistoselosteet.pdf>.12.9.2012

<http://www.rts.fi/ekotehokkuus.pdf>.12.9.2012

Rakennustietosäätiö RTS 2000. Rakentajan ekotieto uudisrakentaminen. Tampere:Tammer-Paino Oy

Rakennustarkastusyhdistys RTY 2011. Rakentajan ekolaskuri

<http://www.rakentajanekolaskuri.fi/>.12.9.2012.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry 2011. Workshop'in torstaina 15.12.2011 klo 13-16 Rakennustietosäätiön Rati-salissa. Helsinki

[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5ezkfuHFL/6447KnROx/Ymparistoseloste\\_workshop\\_RTT\\_\\_151211.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5ezkfuHFL/6447KnROx/Ymparistoseloste_workshop_RTT__151211.pdf).12.9.2012

Rakennustieto Oy 2008. Talo 2000 -nimikkeistö yleisseloste. Tampere : Tammer-paino Oy

<https://www.rakennustietokauppa.fi/talo-2000-nimikkeisto-yleisseloste/100637/dp>.12.9.2012.

Rakennustieto Oy .RT-kortisto

<https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/historia.html>.12.9.2012.

[http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/nimikkeistot\\_21/talo2000.html](http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/nimikkeistot_21/talo2000.html).12.9.2012.

<https://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/ratu.html>.12.9.2012.

Rakennustieto Oy 2008. KlaraNetin -esite.

[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhP/5sl8QcxhO/KlaraNet\\_esite.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhP/5sl8QcxhO/KlaraNet_esite.pdf).12.9.2012.

Räty, T., Lindqvist, D., Nuutinen, T., Nyrud, A., Perttula, S., Riala, M., Roos, A., Tellnes, F., Toppinen, A., & Wang, L. 2012. Communicating the Environmental Performance of Wood Products. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute No 2302012

Saari, A. 2001. Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y Rakenteiden elinkaaritekniikka RIL-216-2001.. Vantaa:Tummavuoren Kirjapaino DARK Oy

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2011. Ympäristöindikaattorit, -laskennat ja –standardit

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=22069&lan=fi#a1.12.9.2012>

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2011.Synergia Hiilijalanjälki-työkalu

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26134&lan=fi.12.9.2012>

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=24410&lan=FI.12.9.2012>.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1645&lan=fi.12.9.2012>

The Environment Agency(United Kindom) 2011. Carbon calculator for constructionactivities

<http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx.12.9.2012>.

Talopeli esite 2012

<https://www.talopeli.fi/.12.9.2012>.

Tocoman Group Oy 2012

<http://www.tocoman.fi/ohjelmistot/tuotteet/tcmpro.12.9.2012>.

Table 1  
Building environmental assessment tools included in the study

Name	Developer	References
ATHENA™ <i>Environmental Impact Estimator</i>	ATHENA Sustainable Material Institute; Canada	ATHENA Institute (2003); ATHENA™; DOE (1996/2006); Trusty and Meil (2002a,b)
BEAT 2002	Danish Building Research Institute (SBI), Denmark	BEAT (2002); Forsberg and von Malmberg (2004); Hansen (2005); IEA Annex 31 (2001); Petersen (2002a,b)
BeCost (previously known as LCA-house)	VTT, Finland	BeCost; CRISP (2004); IEA Annex 31 (2001)
BEES 4.0	U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	BEES 4.0; DOE (1996/2006); IEA Annex 31 (2001); Lippiatt (2002); Trusty (2003)
BREEAM	Building Research Establishment (BRE), UK	BREEAM; BREEAM fact file; CRISP (2004); Grace (2000); IEA Annex 31 (2001)
EcoEffect	Royal Institute of Technology (KTH), Sweden	CRISP; EcoEffect; Forsberg and von Malmberg (2004); Glaumann (2000); IEA Annex 31 (2001)
EcoProfile	Norwegian Building Research Institute (NBI), Norway	Boonstra and Pettersen (2003); IEA Annex 31 (2001); Pettersen (2000a,b); Pettersen et al. (2000)
Eco-Quantum	IVAM, the Netherlands	CRISP; EcoQuantum; IEA Annex 31 (2001); Peuportier and Putzeys (2005)
Envest 2	Building Research Establishment (BRE), UK	DOE (1996/2006); CRISP; Envest 2; IEA Annex 31 (2001); Peuportier and Putzeys (2005)
Environmental Status Model (Miljöstatus)	Association of the Environmental Status of Buildings, Sweden	Boonstra and Pettersen (2003); Environmental Status Model; Carlson (2000); Carlson and Lundgren (2002)
EQUER	École des Mines de Paris, Centre d'Énergétique et Procédés, France	DOE (1996/2006); EQUER; IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); Peuportier and Putzeys (2005)
ESCALE	CTSB and the University of Savoie, France	ESCALE; Gerard et al. (2000); IEA Annex 31 (2001)
LEED®	U.S. Green Building Council, USA	CRISP; IEA Annex 31 (2001); LEED®; LEED® (2005)
LEGEP® (previously known as Legoe)	University of Karlsruhe, Germany	IEA Annex 31 (2001); Kohler et al. (2005); LEGEP; Peuportier and Putzeys (2005)
PAPOOSE	TRIBU, France	IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); PAPOOSE
TEAM™ <sup>a</sup>	Ecobilan, France	IEA Annex 31 (2001); Nibel and Rialhe (2000); TEAM™

<sup>a</sup> TEAM™ is a professional LCA-tool, for evaluating the life cycle, environmental and cost profiles of products and technologies, including buildings. It is the only tool in this study that is not specifically for environmental assessment of buildings. However, it can be used for buildings, for example as product comparison tool and information resource.

RT Ympäristöseloste: Puuinfo, Pinnoittamaton koivuvaneri

1(2)



26.22 Vanerit (Talo 2000)

Voimassa 12.6.2013 saakka  
Nro 34

## Pinnoittamaton koivuvaneri

### Puuinfo Oy

PL 284  
00171 Helsinki  
puh: (09) 6865 450  
[www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)

# PUUINFO

## 1. TUOTTEEN MÄÄRITTELY

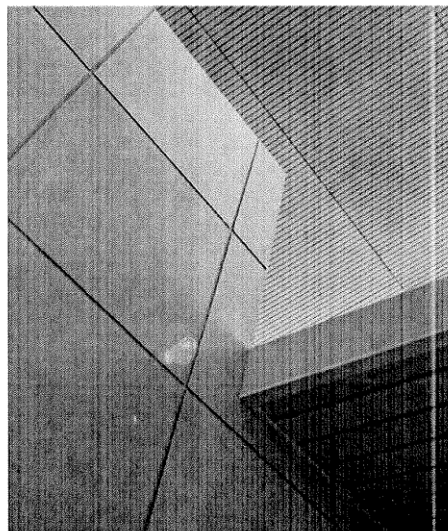
### Määrittelyn kohde

RT-Ympäristöseloste koskee koivuvanereita, jotka on valmistettu seuraavilla tehtailla:

- Metsäliitto Osuuskunta, Puutuoteollisuus: Suolahden sekä Punkaharjun vaneritehtaat
- UPM-Kymmene Wood: Heinolan, Joensuun, Jyväskylän, Kaukaan ja Savonlinnan tehtaat
- Visuvesi Oy: Visuveden tehdas
- Koskisen Oy: Järvelän tehdas

### Tuotteen kuvaus

Pinnoittamaton koivuvaneri koostuu koivuviilusta ja pääasiallisesti fenoli-formaldehydiiliimasta.



Kuva: Puuinfo Oy

### Muunnoskertoimet

Tilavuuspaino	660kg/m <sup>3</sup>
Neliöpaino	6,1-20,4 kg/m <sup>2</sup>
Kosteuspitoisuus	9 %

### Tekniset ominaisuudet

Käyttökohteet: Kuljetusvälineet, betonointi, huonekalut ja rakennusten sisäverhous

Koivuvaneri soveltuu käyttökohteisiin, joissa vaaditaan suurta lujuutta, hyvää ulkonäköä ja/tai useita käyttökertoja.

- Liimaus: Säänkestävä fenolihartsiliimaus, joka täyttää standardin EN 314-2/luokka 3.
- Paksuudet ja painot : Paksuus 9 .. 30 mm; neliöpaino 6,1 - 20,4 kg/m<sup>2</sup>, maksimipaksuus 50 mm.
- Vakiokoot (pintaviilun suunta ensiksi mainittu mitta): 1200/1220/1500 x 1200 - 3600 mm
  - Lisää vakiokokoja on eri valmistajilla sekä muita mittoja erikoistilauksesta
- Pintaviilun laatu luokat: Tarkempaa tietoa RT-ohjekortista RT 22-10731.
- Lujusominaisuudet: Vanerikäsikirjan mukaan. Jatketun vanerin lujuus on noin 10- 30 % alhaisempi verrattuna vakiolevyyen.

RT-Ympäristöseloste perustuu standardien ISO 14020:n ja ISO14040:n mukaiseen kansalliseen menetelmäohjeeseen, jonka laadinnassa on otettu huomioon myös standardiluonnos ISO CD 21930. Se on kehitetty yhteistyössä Rakennusteollisuus RT ry:n, Rakennustietosäätiö RTS:n, Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT) sekä rakennusalan yritysten kanssa.