

Noora Kangastupa

## **Hiilijalanjälki taloteollisuudessa**

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Noora Kangastupa

Työn nimi: Hiilijalanjälki taloteollisuudessa

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Hiilijalanjälki on tullut esille mediassa yhä useammin viime vuosien aikana. Internetistä löytyy kuluttajille muutama laskuri, jonka avulla he voivat saada selville kuinka ison hiilijalanjäljen he jättävät kyselyssä annettujen tottumusten mukaan.

Monet yritykset ovat tutkineet vain vähän oman yrityksensä toimintaa vihreitä arvoja ajatellen. Tietoisuus päästöjen vähentämisestä nousee pikkuhiljaa, mutta yritysten pääideana on tehdä taloudellisesti tuottavaa toimintaa, joten tämän hetket ratkaisut ekologiselle toiminnalle ovat vielä ulottumattomissa hintansa takia. Uudet ratkaisut ja niiden lisääntyvä käyttö laskevat hintoja, mutta tämä tapahtuu hitaasti. Yritykset eivät yleensä lähde ensimmäisten joukossa tekemään isompia muutoksia, ellei tämä tuota jotain hyötyä joko asiakkaiden silmissä tai taloudellisesti.

Kuluttajat kiinnittävät ostospäätöstä tehdessään huomiota tuotteiden ekologisuuteen sekä kotimaisuuteen. Trendi voi tulevaisuudessa siirtyä ruokaostoksista talo-ostoksiin, jolloin kiinnitetään huomiota rakentamisen aikana syntyvään hiilijalanjälkeen. Talotehtaiden kasvava osuus Suomessa rakennetuista omakotitaloista pakottaa heidät mukaan vihreään rakentamiseen ja hiilijalanjäljen tutkimiseen. Myös alihankkijoiden toiminta tulee selvittää. Selvitys jokaisen prosessin tuottamista välillisistä ja välittömistä päästöistä vaatii paljon työtunteja, joten mitä aikaisemmin työhön ryhtyy, sen nopeammin on ensimmäisten joukossa parantamassa oman yrityksen toimintaa ekologisemmaksi.

Tässä työssä kerrotaan mitä hiilijalanjälki tarkoittaa, miksi se kannattaa huomioida rakentamisessa ja minkälainen laskuripohja voidaan talotehtaiden käyttöön tehdä. Ongelmakohtat kannattaa jo nyt huomioida sekä pyrkiä löytämään tyydyttävä ratkaisu.

Avainsanat: hiilijalanjälki, hiilidioksidi, päästöt, ekologisuus, ympäristöystävällisyys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Noora Kangastupa

Title of thesis: Carbon footprint in house industry

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2012

Number of pages: 38

Number of appendices: 0

---

Carbon footprint is a word that could be found on the Internet in the past few years. There are a few calculators which include using a car, recycling, heat supply system etc. Users can calculate how their actions affect the environment. Perhaps in the future, everything will be measured by carbon footprint.

The house industry is a very competitive field. There are similar companies which contend for the same customers. New inventions can bring a benefit to one company and if it is working, everyone else will copy the idea. Carbon footprint is an unknown word to many firms but, like recycling, it can be a trend in the future. It will demand companies to make their own plans in decreasing the pollution and give a number on how much carbon dioxide the whole process will produce.

When calculating a carbon footprint, it is crucial to take every aspect into account. These include direct and indirect emissions. Direct means emissions which can be indicated easily to a specific product, for example materials. Indirect emissions form when many products are made, for example heat and electricity. The problem is to separate one product's emissions from all products' consumption.

The wholeness of a house needs to be planned carefully to make a most heat resistant house. It includes walls, roof, floor, windows, doors and ventilation. If every section is well executed, the house will need less heating, which means less carbon dioxide from the heat supply system.

The future will show, how big an effect the word carbon footprint will make on the consumers. Will they be making demands on companies to decrease emissions and make more ecological houses? Today many builders think about money, maybe in the future they will think about environmentally friendly buildings.

Keywords: carbon footprint, carbon dioxide, emissions, ecological, environmentally friendly

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuvioluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	1
1.1 Lähtökohdat ja tausta.....	1
1.2 Tutkimusongelma .....	2
1.3 Työn tavoite .....	3
1.4 Rajaukset.....	3
2 EKOLOGINEN RAKENTAMINEN.....	6
2.1 Kasvihuonekaasupäästöt .....	6
2.2 Hiilidioksidi .....	7
2.3 Hiilijalanjälki .....	8
2.4 Lämmönlähteet .....	10
3 PÄÄTÖKSET, OHJEET JA STANDARDIT .....	12
3.1 Valtioneuvosto.....	12
3.2 Ympäristöministeriö.....	13
3.3 Ohjeet ja standardit .....	14
4 KYMPPIALOT .....	16
4.1 Puutalokymppi.....	16
4.2 Kymppin Rakentajat.....	17
4.3 Muuttovalmistalojen tulevaisuus.....	17
5 TALON RAKENTEET .....	19
5.1 Seinärakenteet .....	19
5.2 Ylä- ja alapohja .....	20
5.3 Ikkunat ja ovet.....	20
5.4 Ilmanvaihto ja lämmitys .....	21
5.5 Rakenteiden vaikutukset hiilijalanjälkeen .....	22

6	LASKENNAN LÄHTÖKOHDAT .....	24
6.1	Välilliset päästöt .....	24
6.2	Välittömät päästöt .....	25
6.3	Laskennan kulku .....	26
7	YHTEENVETO .....	28
7.1	Työn tulos .....	28
7.2	Johtopäätökset.....	28
7.3	Jatkotoimenpiteet .....	29
	LÄHTEET .....	30

## Kuvioluettelo

Kuvio 1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Pasanen, Korteniemi ja Sipari 2010.).	4
Kuvio 2. Puutalon päästöjen suhteellinen jakauma. (Pasanen ym. 2010.).....	5
Kuvio 3. Suomen kasvihuonepäästöt lähteittäin vuonna 2004. (Tilastokeskus 2006, 9.).....	7
Kuvio 4. Suomen hiilidioksidipäästöt. (Suomen virallinen tilasto 2009.).....	8
Kuvio 5. Suomen energianlähteet 2006. (Uusiutuvat energialähteet [viitattu 19.4.2012].).....	10
Kuvio 6. Ympäristöministeriön organisaatio. (Organisaatiokaavio 2003.) .....	14
Kuvio 7. Lämmön siirtyminen talosta ulos. (Vattenfall 2012.).....	22
Kuvio 8. Puun elinkaari. ....	24
Kuvio 9. Laskennan kulku alusta loppuun. ....	27

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Hiilijalanjälki</b>	Tuotteen synnyttämä kasvihuonekaasujen määrä. Voidaan ilmoittaa erilaisina yksikköinä ja mitata eri määrein.
<b>Hiilidioksidi</b>	Palamisprosessien kautta syntyvä, ihmisten tuottama kasvihuonekaasu.
<b>CO<sub>2</sub>-ekv</b>	Hiilidioksidiekvivalentti kertoo ilmastoja lämmittävän vaikutuksen kasvihuonekaasut yhteenlaskettuna.
<b>U-arvo</b>	Lämmönläpäisykerroin talon rakenteille, kuten seinälle, yläpohjalle ja alapohjalle. Yksikkönä käytetään W/m <sup>2</sup> K.

# 1 JOHDANTO

Teollisuuden historia alkoi ensimmäisenä teollisena vallankumouksena 1700-luvun lopulla höyrykoneen keksimisestä. Tämän jälkeen koitti toinen vallankumous rautateiden yleistyessä 1800-luvun lopulla. Saksalainen Reinhard Bütikofer uskoo, että Euroopassa on meneillään kolmas teollinen vallankumous. ”Teollisuudessa siirrytään voimakkaasti ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavaan teknologiaan niin, että sosiaalinen, taloudellinen ja kulttuurinen kehitys turvataan” Bütikofer on sanonut. (Honkonen 2011.)

Internetistä löytyy muutama hiilijalanjälkilaskuri, joka on tarkoitettu enemmän oman kulutustottumuksien seuraamiseen ja mahdolliseen muuttamiseen kuin rakentamisessa tapahtuvien päästöjen laskentaan. Laskurit keskittyvät ruoan, liikenteen, asumisen, kulutuksen ja jätteiden käytön seurantaan. Näiden tietojen avulla saadaan selville, kuinka paljon eläminen tuottaa hiilijalanjälkeä. Lisäksi olisi hyvä ottaa huomioon myös rakentaminen, koska se tuottaa lyhyellä ajalla isoja päästöjä, ja materiaalista riippuen erot voivat olla jopa kaksinkertaiset. Teollisuuden osuus kaikista päästöistä on erittäin merkittävä ja hitaasti uusiin ekologiisiin ratkaisuihin muuntautuva, joten omakotitalojen panostus kestävään kehitykseen on jo iso askel kohti parempaa ilmanlaatua. Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkempia lukuarvoja rakentamisen ja käytön välisistä eroista, sekä teollisuuden vaikutuksesta kokonaispäästöihin.

## 1.1 Lähtökohdat ja tausta

Samoista asiakkaista kilpailevia talotehtaita löytyy Suomesta kymmeniä. Erona näillä yrityksillä on materiaalitoimittajat, toimitussisällöt ja yritysten koko. Asiakkaiden on hyvin vaikea lähteä erottelemaan talopakettien hintoja toisistaan, koska toimitussisällöt voivat vaihdella huomattavasti kilpailevien yritysten välillä. Sama ongelma tulee vastaan, jos asiakas haluaa jo rakennusvaiheesta lähtien tietää vaikutuksen ympäristöönsä asumiskulujen lisäksi. Tällä hetkellä Internetistä löytyy muutama hiilijalanjälkilaskuri, jotka keskittyvät ihmisten asumistapoihin ja kierrätykseen. Talon kulutukseen täytyisi kuitenkin ottaa huomioon myös rakennusvai-



heessa tulevat, ympäristöä kuormittavat päästöt, koska nämä lukemat ovat prosentuaalisesti isot talon kokonaisliniästä (esimerkiksi laskennallisesta 100 vuodesta). Tätä osuutta lähdetään työssä käsittelemään teoreettiselta pohjalta, tutkitaan laskurin tekoa Excel-ohjelmalla sekä mietitään, mitkä tekijät vaikuttavat lopulliseen tulokseen ja mitä täytyy ottaa huomioon jokaisessa vaiheessa.

Idea opinnäytetyöhön lähti työharjoittelun kautta. Kauhajoella sijaitseva Puutalokymppi Oy on kehittänyt muuttovalmismallistoa, joita rakentaa samoille omistajille kuuluva Kymppin Rakentajat Oy. Kun opinnäytetyöhön täytyi ruveta kehittämään ideaa, yrityksillä oli suunnitelma hiilijalanjäljen ilmoittamisesta jokaiselle muuttovalmistalolle. Tätä ideaa lähdettiin soveltamaan opinnäytetyötä varten.

## 1.2 Tutkimusongelma

Nykypäivänä hiilijalanjälki on vielä suhteellisen tuntematon termi varsinkin kuluttajille, mutta myös rakennusalalla toimiville henkilöille. Aiheesta ei ole vielä tehty paljoa tutkimusta, eikä materiaalia ole saatavilla muuta kuin muutamalta Internet-sivulta. Tämä vaikeuttaa tutkimuksen tekemistä huomattavasti sekä huonontaa tiedon uskottavuuden varmentamista, koska ei ole useaa tahoa, jotka voivat sanoa hiilijalanjäljestä täsmälleen samat asiat.

Säädökset ja ohjeet hiilijalanjäljelle ovat vielä vain suuntaa-antavia eivätkä anna tarkkaa tietoa siitä, miten laskenta pitäisi suorittaa. Valintojen tekemiset laskentavaiheessa jäävät siis tekijälle, ja tästä syystä erilaisten tulosten saaminen samantylaiselle mallitalolle on hyvin todennäköistä.

Laskurin ulkomuoto ja sisältö on helppo rakentaa toimivaksi kokonaisuudeksi, mutta isoimpia ongelmia ovat materiaalipäästöjen tarkka lukema, luotettavien tulosten saanti rekkujen kulutuksesta sekä lämmityksen ja sähkön määrä yhtä talopakettia kohden. Kyseiset tulokset täytyy aluksi arvioida ja pyrkiä tarkentamaan laskurin kehittymisen edetessä.

Lopullisen tuloksen oikeellisuutta vääristää myös rajauksen teosta tuleva pienempi lukema. Huomioon pitäisi ottaa kaikki päästöt alusta loppuun sekä käyttö 50 tai 100 vuoden aikajännteellä, jotta saataisiin tarkka hiilidioksidilukema koko taloprojek-

tille. Jos vertaillaan taloja toisiinsa, ne täytyy olla laskettu samalla lailla, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Tämä ei tuota ongelmaa, jos samaa laskuria käytetään useampien talojen vertailuun. Kilpailevien talotehtaiden tulokset voivat olla selvästi poikkeavia, jos jokainen on kehitellyt oman laskentamenetelmän ja rajauksen.

### 1.3 Työn tavoite

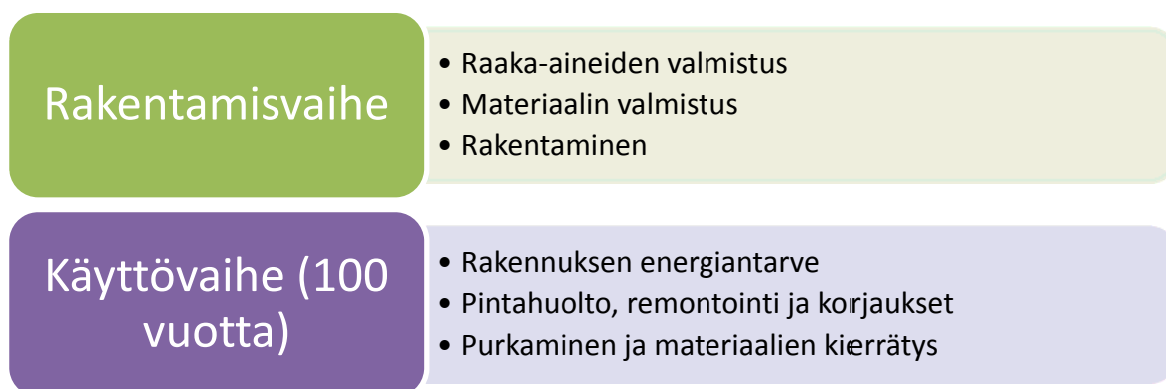
Työn tarkoituksena on tutustua hiilijalanjäljen laskennan taustoihin ja teoriaan sekä laskurin sisältöön ja toimivuuteen. Laskennan taustat ja teoriat sisältävät käsitteitä ekologisesta rakentamisesta, minkälaisia sopimuksia päästöjen vähentämiseksi on tehty, miten valtioneuvosto ja ympäristöministeriö ovat kehittäneet vihreää rakentamista Suomessa sekä ohjeita ja standardeja hiilijalanjäljen laskemisen avuksi. Jokaisen rakentamisessa tarvittavan tuotteen vaiheet täytyy tietää, jotta voidaan verrata eri tuotantojen päästökulutuksia toisiinsa ja päätellä, voivatko luvut pitää paikkaansa. Esimerkiksi puun työstäminen metsästä paneeliksi on selkeästi isompi projekti kuin koko talon paneelien kiinnittäminen elementtiin. Jos nämä luvut poikkeavat toisistaan paneelin kiinnityksen ollessa päästöiltään selkeästi suurempi, voidaan lähteä tutkimaan, mistä kyseinen virhe tai ero voisi johtua. Työn tavoitteena on teoriaosuudessa selvittää välillisten ja välittömien kustannusten sisältöä laskentaa varten.

Laskurin tekemisessä täytyy ottaa huomioon yksinkertainen käytettävyys käyttäjän näkökulmasta. Hankalin osuus on kaikkein pienimpienkin tekijöiden huomioiminen tarkan tuloksen saavuttamiseksi. Tässä työssä pyritään löytämään tarvittavat tekijät laskennan aloitusta varten, josta voidaan jatkossa lähteä kehittämään laskuria ja toimintaa eteenpäin.

### 1.4 Rajaukset

Rakennuksen hiilijalanjälkeen kuuluvat vaiheet rakentamisesta talon purkamiseen asti sisältäen välittömät ja välilliset päästökulutukset. Kuviossa 1 on esitetty rakennuksen koko elinkaari rakentamisvaiheesta käyttöönottoon 100 vuoden aikajaksona. Tällä perusteella hiilijalanjäljen laskeminen on tarkkaa ja antaa kuvan siitä,

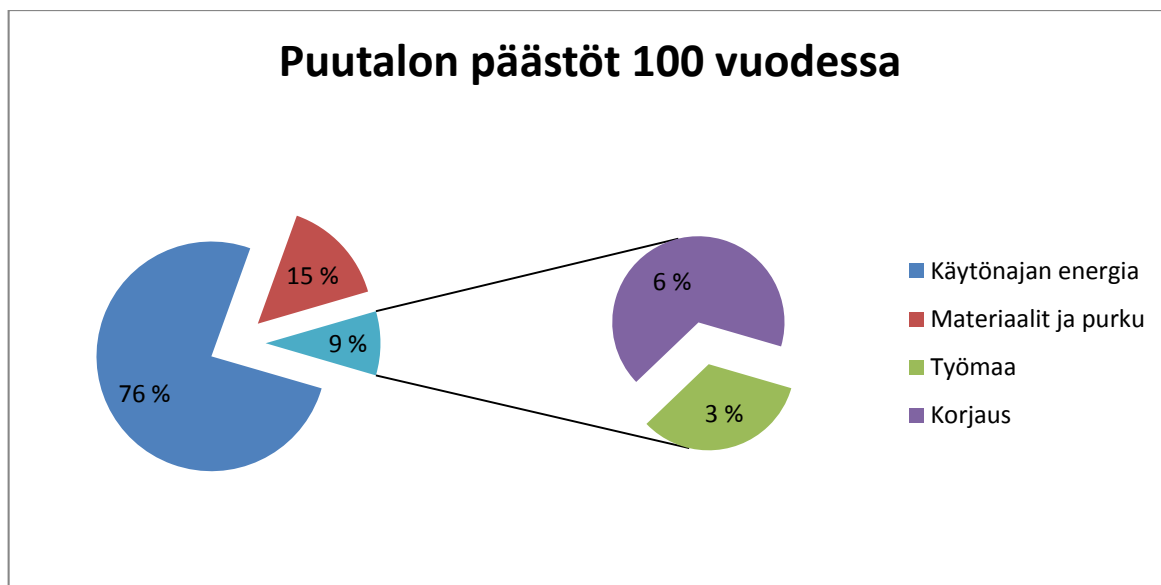
miten monta vaihetta täytyy ottaa huomioon, jos halutaan koko elinkaaren päästö-lukema. Kuvio 1 esittää hyvin rakentamisen ja käytön selvät erot, mutta kuitenkin yhteyden toisiinsa. Esimerkiksi rakentamisvaiheessa huonosti eristettyä taloa lämmitetään käyttövaiheessa enemmän kuin passiivirakenteista, mikä näkyy selvästi rakennuksen energiantarpeessa ja asukkaan lämmityslaskussa.



Kuvio 1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Pasanen, Korteniemi ja Sipari 2010.)

Tässä työssä käsitellään talon koko elinkaaren hiilijalanjälkeä rakentamisvaiheesta käyttövaiheeseen. Käyttövaiheen hiilijalanjäljen laskemiseen löytyy laskureita Internetistä ja niihin ei paneuduta sen tarkemmin, mutta täytyy myös ottaa huomioon, miten valinnat rakentamisvaiheessa vaikuttavat käyttövaiheen hiilijalanjälkeen. Suurin osa työstä keskittyy rakentamisvaiheeseen sekä raaka-aineiden valmistukseen ja rakentamiseen huomioitaviin yksityiskohtiin.

Sitran selvityksissä 63 on laskettu kerrosputalon päästöt 100 vuodessa ja kuviossa 2 on näytetty jakauman tulos. Vain alle neljäsosa tulee materiaaleista, purusta sekä työmaasta ja loput koostuu käytönajan energiasta. Tuloksen avulla voidaan päätellä, että pelkkä rakentamisvaiheen hiilijalanjäljen selvittäminen ei riitä, jos talon koko elinikä toimii mittarina.



Kuvio 2. Puutalon päästöjen suhteellinen jakauma. (Pasanen ym. 2010.)

Uusien talojen rakentamisvaiheen hiilijalanjäljen laskeminen on helpompaa kuin olemassa olevissa kohteissa, joten tämä työ ei käsittele muuta kuin uudisrakentamista. Jos vanhoihin rakennuksiin lähdetäisiin laskemaan käytön ajan päästöjen lisäksi rakennusaikaiset hiilidioksidit, rakennustietojen selvitys voisi tulla haasteelliseksi vuosikymmeniä vanhojen talojen kohdalla. Tämän takia kuluttajille tarkoitetuissa päästölaskureissa on huomioitu vain käytön aikainen kulutus. Uudisrakentamisessa pääsee vaikuttamaan jo rakennusvaiheessa omaan ekologiseen panokseensa. Vaikka kuvio 2 osoittaa, ettei rakentaminen ole tärkein osuus lopullisesta päästölukemasta, jokaisen osuuden pienentäminen kuitenkin vähentää kokonaiskulutusta omalta osaltaan.

Rajaukseen täytyy myös huomioida, minkälainen maaperä talossa on ennen rakentamista ja mitkä tekijät vaikuttavat hiilidioksidin laskentaan. Paalutus, louhinta ja muut isommat maarakennustyöt vaativat ylimääräistä aikaa sekä kustannuksia, ja eivät enää ole helposti laskettavissa. Laskurissa huomioidaan valmiilta sorapatjalta lähtevän talon perustukset. Viemäroinnit, täytöt ynnä muut on jätetty huomioidatta.

## 2 EKOLOGINEN RAKENTAMINEN

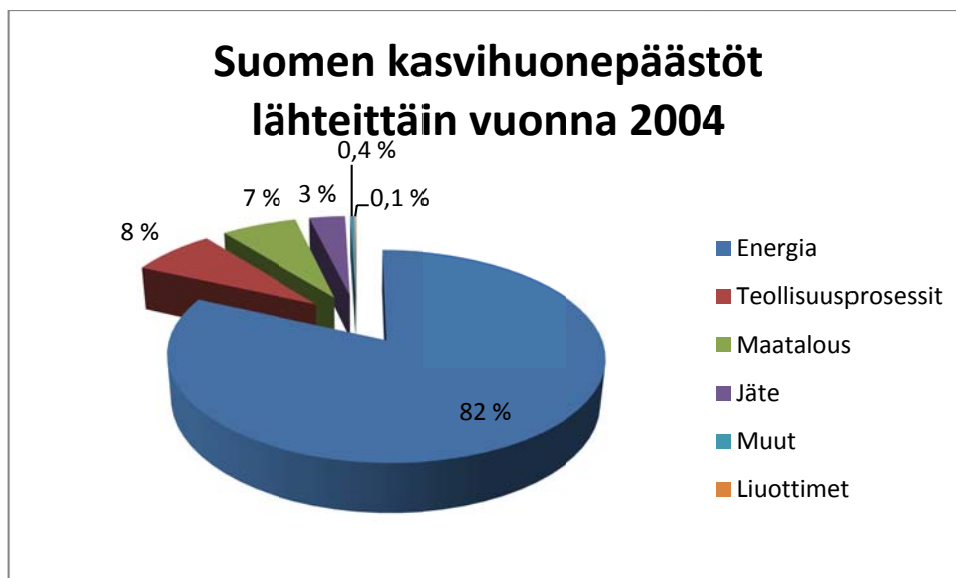
Trendit rakentamisalalla ovat aina olleet esteettisiä ja kustannusvaikutteisia. Vaatetus- ja huonekalualalla on jo näkyvässä kierrätysmuoti. Tulevaisuudessa myös rakennusalailla ostajien tärkein kriteeri voi olla raaka-aineiden ekologisuus. Asuntomessuilla on joka vuosi tietty teema, jonka tarkoituksena on tuoda esille tulevia innovaatioita. Tänä vuonna Tampereen Vuoreksessa aiheena on ekotehokkuus messualueen suunnittelussa sekä talorakentamisessa.

Jotta voidaan ymmärtää ekologista rakentamista, täytyy myös päästökäsitteet olla hallinnassa. Tämä luku käsittelee päästöihin liittyvää termistöä, kuten kasvihuonekaasut ja hiilidioksidi. Aiheena on myös hiilijalanjäljen laskentatulokset Sitran pyytämän tutkimuksen pohjalta.

### 2.1 Kasvihuonekaasupäästöt

Suomen kasvihuonepäästöt olivat vuonna 2004 noin 81,4 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Hiilidioksidin osuus 85 prosentilla oli kaikista merkittävin. Kioton pöytäkirjan tavoitetasosta lukema on noin 10 miljoonaa hiilidioksiditonnia yli. (Tilastokeskus 2006, 9.)

Suurin osa hiilidioksidipäästöistä syntyy fossiilisten polttoaineiden ja turpeen poltosta. Kuvio 3 osoittaa Suomen kasvihuonepäästöt lähteittäin kokonaistuloksesta vuonna 2004. Energian osuuden voi pilkkoa vielä erillisiin osioihin, joissa isoimpana energian tuotanto 49,7 %, liikenne 21,2 % ja teollisuuden oma energiantuotanto 17,1%. Kotitaloudet ja palvelut vievät 11,7 %, mikä on jo selkeästi pienempi osuus kokonaispäästöistä. Teollisuudella on siis huomattava merkitys päästöissä kasvihuonepäästöjen vähentämisen kannalta, mutta siltikään ei saa väheksyä yksittäisen ihmisen vaikutusta, vaan täytyy ajatella, että omat vihreät ja päästöjä vähentävät teot säästävät maapalloa jälkipolville. (Tilastokeskus 2006, 9.)



Kuvio 3. Suomen kasvihuonepäästöt lähteittäin vuonna 2004. (Tilastokeskus 2006, 9.)

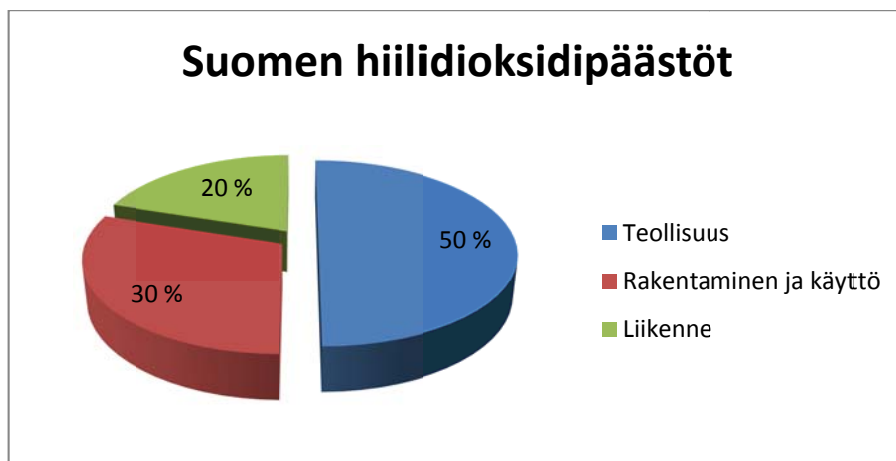
Tilastokeskuksen ennakkotiedon mukaan Suomen kasvihuonepäästöt vastasivat 70,1 miljoonaa tonnia hiilidioksidia (t CO<sub>2</sub>-ekv.) vuonna 2008. Päästöt olivat yli 10 % edellisvuotta pienemmät ja noin 1,2 % alle Kioton pöytäkirjan velvoitetason. Päästöt ovat siis neljän vuoden aikana selkeästi laskeneet. (Suomen virallinen tilasto 2009.)

## 2.2 Hiilidioksidi

”Kestävän kehityksen pilarit, joihin viitataan joskus sanoilla ”kolme ratkaisevaa tekijää” – ympäristö, talous ja yhteiskunta – ovat kaikki elintärkeitä, mikäli haluamme kehittää yhteisöämme ja yhteiskuntaamme. Merkittävimpiä tekijöitä on kasvihuonekaasujen (GHG), mukaan lukien hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), lisääntyminen.” (PU Nordic, [viitattu 16.1.2012].)

Merkittävimpana ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista on hiilidioksidi. Sitä syntyy palamisprosesseissa esimerkiksi voimaloissa, joissa käytetään fossiilisia polttoaineita, auton moottoreissa sekä metsien hakkuussa ja poltossa. Tärkeimmät hiilidioksidilähteet koko maailmassa ovat energiantuotanto, metsien hävittäminen ja teollisuus. Hiilidioksidi luokitellaan ihmiskunnan merkittävimmäksi jätetuotteeksi. Ei siis olekaan ihme, että teollisen vallankumouksen jälkeen hiilidioksidipäästöt ovat nousseet melkein kolmanneksen. (Hiilidioksidi 2011.)

Suomen hiilidioksidipäästöt jakautuvat kolmeen sektoriin (kuvio 4) niin, että teollisuus ahmaisee suurimman osan (50 %), ja liikenne 20 %. Opinnäytetyön aihetta ajatellen kiinnostavin osa kuviossa on 30 %, jonka vie rakentaminen ja käyttö. Tämä on hyvä merkki siitä, että rakentamisen hiilidioksidipäästöjä pienentämällä voidaan selvästi vaikuttaa päästöjen kokonaismäärään.



Kuvio 4. Suomen hiilidioksidipäästöt. (Suomen virallinen tilasto 2009.)

### 2.3 Hiilijalanjälki

Ilmastovaikutusten suosituimpana mittarina käytetään tällä hetkellä hiilijalanjälkeä. Sitä käytetään valtiotasolta yksittäisiin yrityksiin sekä henkilöiden tai tuotteiden ilmastokuorman mittaamiseen. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan sitä, kuinka paljon eri toiminnot aiheuttavat kasvihuonepäästöjä. (Hiilijalanjälki 2011.)

Hiilijalanjälki on terminä monitahoinen. Se voi tarkoittaa välittömiä ja välillisiä hiilidioksidipäästöjä tai kaikkia kasvihuonekaasuja muutettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi. Esimerkiksi henkilöautojen g CO<sub>2</sub>/km-merkki tarkoittaa polttoaineen poltossa syntyneitä välittömiä päästöjä. Huonekaluteollisuudessa Artekin 60-jakkaran koko elinkaaren ajalta aiheutuneet välittömät ja välilliset kasvihuonekaasupäästöt ovat 7,5 kgCO<sub>2e</sub>. (Hiilijalanjälki 2011.)

Hiilijalanjäljelle voidaan käyttää erilaisia aikajäniteitä kuvaamaan haluttavaa yksikköä. Tuotteen elinkaari, yksittäinen toiminto tai kalenterivuosi ovat tarpeen mukaan sopivia rajauksia. Ekologinen jalanjälki ilmoitetaan pinta-alana, mutta hiilijalanjälki

massana. Yksikkönä voi olla grammaa, kilogrammaa tai tonnia hiilidioksidiekvivalenttia, riippuen kohteesta ja päästöjen määrästä. (Hiilijalanjälki 2011.)

Lämmitysvaikutuskerrointa käytetään, kun lähdetään muuntamaan muita kasvihuonekaasujen päästöjä hiilidioksidipäästöiksi. Esimerkiksi 1 kg metaania vastaa lämmitysvaikutukseltaan 25 kg hiilidioksidia. (Hiilijalanjälki 2011.)

Hiilijalanjäljen laskemisesta saadun tuloksen vahvuutena on helppo tulkittavuus. Erilaiset toiminnot jätteistä sähköön voidaan muuttaa samanlaiseksi yksiköksi ja ovat vertailukelpoisia keskenään. Hiilijalanjäljen pyrkimyksenä ei ole mitata useita eri ympäristövaikutuksia, vaan keskittyä arvioimaan, miten toiminnot vaikuttavat ilmastonmuutokseen. Luotettavuus ja käyttökelpoisuus menetetään yksinkertaistetuilla menetelmillä, joten mahdollisimman monen tekijän huomioonottaminen on tärkeää kokonaisuuden hahmottamiseksi. (Hiilijalanjälki 2011.)

Bionova Consulting Oy on hiilijalanjäljen laskemiseen keskittyvä yritys, joka on tehnyt Sitralle (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto) laskennan puu- ja betonikerrostalon hiilijalanjäljelle. Kohteena on puuhybridikerrostalo, josta oli saatavilla tarkat rakennusosakohtaiset tiedot. Vertailuna käytettiin vastaavaa betonirakennusta. Tarkastelu tehtiin 30, 50 ja 100 vuoden pituisille ajanjaksoille. Tutkimuksesta ilmeni, että puukerrostalon päästöt ovat koko elinkaaren aikana 5–11 % pienemmät kuin betonikerrostalolla, riippuen rakennuksen energiatehokkuudesta. Pelkän rakennusvaiheen osalta eroa syntyy 29 % puun hyväksi. Keskeisintä on, kuinka paljon ja mitä energiaa käytetään rakennuksen käytön aikana. (Pasanen ym. 2011.)

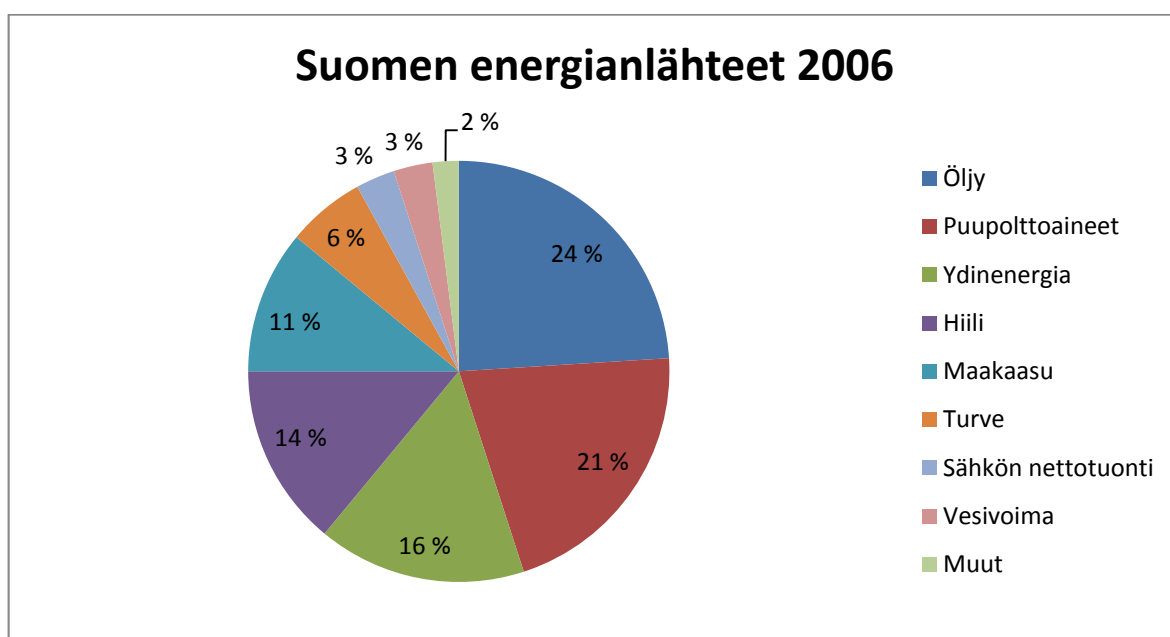
Rakennusvaiheen päästöt lämmitettyä nettopinta-alaa kohden ( $\text{nm}^2$ ) olivat puurakenteella  $191 \text{ kg CO}_2/\text{nm}^2$  ja betonirakenteella  $268 \text{ kg CO}_2/\text{nm}^2$ . Ero neliötä kohden on  $77 \text{ kg CO}_2/\text{nm}^2$  ja rakennuksessa asuvaa yhtä perhettä kohden 6 tonnia  $\text{CO}_2$ . Tämä vastaa ajoa henkilöautolla kahden vuoden ajan. (Pasanen ym. 2011.)

Selvityksen perusteella tärkeimmät keinot päästöjen vähentämiseen ovat panostus rakennusten energiatehokkuuteen ja vähäpäästöiseen energiaan. Passiivirakentaminen vähentää elinkaaren aikaisia päästöjä 16–18 % ja lähes nollaenergiarakentaminen melkein 39 % heinäkuussa 2012 voimaan tuleviin määräyksiin verrattuna. Rakennusten energiankulutusten ja sen aiheuttamien päästöjen vähentyessä on syytä kiinnittää huomiota myös rakennusmateriaaleihin. (Pasanen ym. 2011.)



## 2.4 Lämmönlähteet

Erilaiset tavat tuottaa energiaa vaikuttavat käytön ajan hiilijalanjälkeen. Uusiutuvan energian osuus Suomessa on noin 24 % vuonna 2006 kokonaisenergiankulutuksesta (kuvio 5). Vuonna 2010 uusiutuvien osuus oli noussut 3 % eli kokonaisuudessaan 27 %. Biomassan, tuulisähkön ja aurinkolämmön hyödyntämättömät voimavarat voisivat kolminkertaistaa energiaosuuden olemassa olevalla tekniikalla. (Uusiutuvat energialähteet 2012.)



Kuvio 5. Suomen energianlähteet 2006. (Uusiutuvat energialähteet [viitattu 19.4.2012].)

Fossiilisia polttoaineita louhittaessa ja pumpattaessa tuotetaan päästöjä ja jätteitä sekä muutetaan maisemaa. Kuljetukset, raaka-aineiden muuttaminen käytettävään muotoon edellyttävät paljon laitteita sekä luonnonvarojen ja energian kulutusta. Energiantuotannossa syntyvä jäte on vain osittain uudestaan hyödynnettävissä eli suuri osa on ongelmajätettä. Lisäksi kuljetukset maalla ja merellä ovat riskialttiita. (Jauhiainen ja Loukola [viitattu 19.4.2012].)

Biopolttoainetta tuotettaessa ekologisuus ei tule itsestäänselvyytenä. Tuotantoa varten saatetaan perustaa isoja monokulttuurisia viljelmiä, jotka saattavat toimia kestävän kehityksen vaikutuksia vastaan. Esimerkiksi biomassaa kasvatettaessa

ja kerättäessä metsistä poistetaan kierrosta ravinteita, turpeen käytössä on monia ristiriitoja ja vesivoimalat sekä niiden takia tapahtuva vesien säännöstely muuttavat eliöiden elinolosuhteita. Arviointi ympäristövaikutuksista tuotantotoiminnan suunnittelussa on erittäin tärkeää. (Jauhiainen ym. [viitattu 19.4.2012].)

### 3 PÄÄTÖKSET, OHJEET JA STANDARDIT

Ennen vanhaan omalle tontille sai rakentaa sellaisen talon kuin itse halusi. Materiaalit hankittiin monesti tuttujen kautta ja talo tehtiin alusta loppuun joko itse, tai sukulaisten ja kavereiden avustuksella. Tänä päivänä ihmisillä ei ole joko aikaa, halua tai osaamista talon rakentamiselle. Varsinkin monet säädökset ovat koke mattomalle liian monimutkaisia. Kaavoitetulla alueella on kunnan puolesta tietyt rajoitteet talon ulkonäölle, koolle ja rajojen lähelle rakentamiselle. Tämän lisäksi tulee rakennusluvan haku liitteineen, missä tarvitaan lupakuvat tiettyine ehtoineen sekä energiatodistus. Talon rakentaminen on siis nykypäivänä ohjeiden, säädösten ja standardien tarkkaa noudattamista vastaavan työnjohtajan toimesta.

Luvussa käsitellään tahoja, jotka vaikuttavat omalta osaltaan tämän päivän rakentamiseen. Ohjeet ja standardit ovat enemmänkin apuna kuin pakotteena hiilijalan jäljen laskemisessa eivätkä toimi rajoitteena omanlaisen laskurin tekemiseksi. Tulevaisuudessa hiilijalan jäljen laskennan yleistyessä voi samat tahot, jotka tällä hetkellä valvovat ja päättävät tämän päivän rakennusnormeista, lähteä tekemään laskentastandardeja, joilla yhtenäistetään eri tahojen saamia tuloksia. Tämä helpottaisi lukujen analysointia ja niiden vertailukelpoisuutta.

#### 3.1 Valtioneuvosto

Valtioneuvosto voi tarkoittaa kahta erilaista kokoonpanoa: pääministerin ja ministerien muodostamaa yleistä hallintovaltaa käyttävää toimielintä tai valtioneuvoston yleisistunnon ja ministeriöiden muodostamaa hallitus- ja hallintoasioiden päätöksentekuelintä. (Tietoa valtioneuvostosta, [viitattu 29.3.2012].)

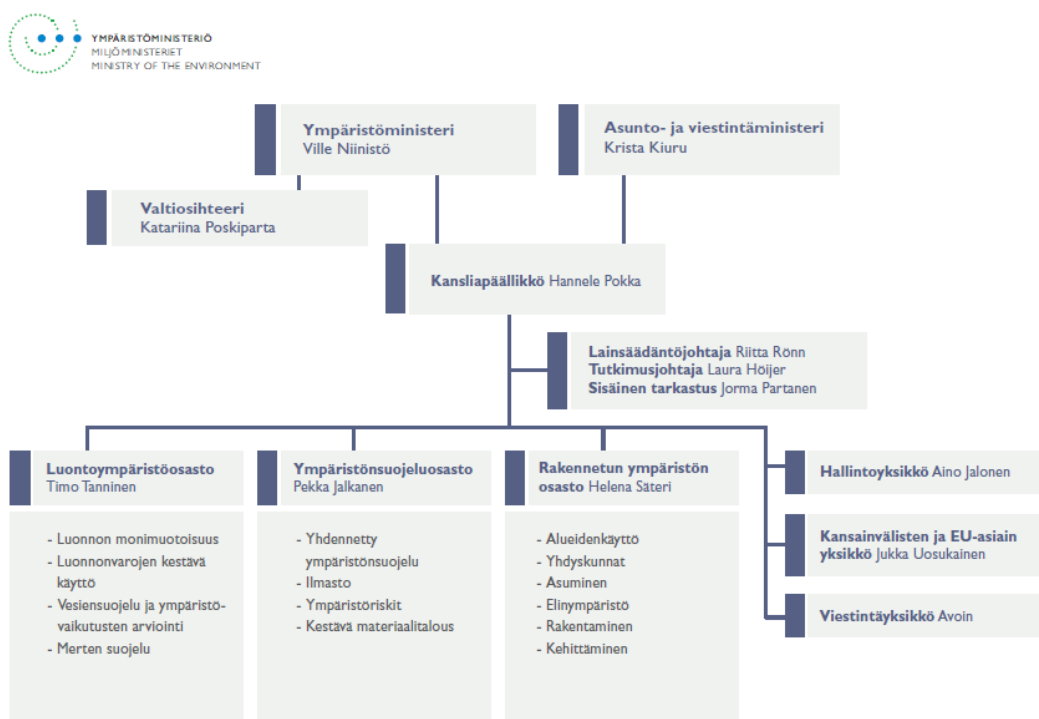
Hallitusohjelma tarkoittaa hallitukseen osallistuvien puolueiden hyväksymää toimintasuunnitelmaa, jossa on sovittu hallituksen tärkeimmät tehtäväalueet. Uuden hallituksen syntyessä, heidän on viivyttelättä tiedotettava ohjelmansa eduskunnalle. Pääministerin tehtävänä on valvoa hallitusohjelman toimeenpanoa. (Perustietoa valtioneuvostosta, [viitattu 2.2.2012].)

Valtioneuvoston toiminta vaikuttaa rakentamiseen sen alaisuudessa toimivan ympäristöministeriön kautta. Uudistukset ja lisäykset lakiin voivat vaikuttaa erittäin konkreettisesti monen yrityksen, ja jopa yksityishenkilöiden toimintaan. Yritysten täytyy pysyä oman alan muutosten mukana sekä toimia lain puitteissa. Esimerkiksi heinäkuussa voimaan tuleva uusi rakenteen lämmönläpäisykerroin tarkoittaa monelle talotehtaalle sekä suunnittelijalle uusien rakenteiden kehittämistä ja valmistamista. Ennakoivalla toiminnalla voidaan hyvissä ajoin tutkia rakenteen toimivuutta, parantaa mahdollisia virheitä sekä markkinoida tulevien vaatimusten täyttävää seinärakennetta. Lakimuutosten seuraaminen rakennusalan näkökulmasta on tärkeää, jotta voidaan toimia alan edelläkävijänä.

### **3.2 Ympäristöministeriö**

Ministeriön historia on monivivahteinen alkaen Suomen sisäisestä ympäristöstrategiasta ja päättyen globaalien ongelmien hallintaan. Ympäristöministeriö on valtioneuvoston kahdestoista ministeriö, joka aloitti toimintansa 1.10.1983. Sen tehtävänä on edistää kestävästä kehityksestä, ja toiminnan tavoitteina ovat hyvä ja turvallinen elinympäristö, luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen, ympäristöhaittojen ehkäiseminen sekä asunto-olojen kehittäminen. (Ympäristöministeriön historiikki 2003, 5.)

Ympäristöministeriöön kuuluu eri tahoja, joiden tehtävänä on oman alueensa parantaminen ja eteenpäin vieminen. Näkyvimpänä mediassa on ympäristöministerin sekä asunto- ja viestintäministerin roolit. Kuviossa 6 on esitetty tämän hetkisen ympäristöministeriön organisaatio yksiköittäin.



Kuvio 6. Ympäristöministeriön organisaatio. (Organisaatiokaavio 2003.)

Ympäristöministeriön päätehtäviin kuuluu rakentamisen saralla määräysten toimeenpaneminen ja uudistaminen, huomioiden koko ajan enemmän esiin tulevat tarpeet päästöjen vähentämisestä. Ensimmäinen rakentamista koskeva määräys annettiin 1979 ja se liittyi rakennusten energiatalouteen. Siitä eteenpäin ympäristöön ja rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä määräyksiä ja ohjeita on tullut melkein vuosittain. Ministeriö ei pysty vaikuttamaan ihmisten auttamiseen luonnonuojelun puolesta, mutta vaikutukset tiukentuvien säädösten kautta ovat selvät, ja nämä toimet edesauttavat kehityksen viemistä vihreämpään suuntaan. (Ympäristöministeriön historiikki 2003, 5.)

### 3.3 Ohjeet ja standardit

Hiilijalanjäljen laskemista varten ei ole suoraa ohjetta tai käytäntöä, mutta on olemassa hallituksen, ympäristöministeriön ja EU:n taholta tulevia ohjeistuksia rakennusten energiatehokkuudesta (2010/31/EU), kestävästä kehityksestä rakentami-

sessä (EN 15643-1) sekä ympäristöasioiden hallinnasta ja vaatimuksista (ISO 14044 ja ISO 14040). Kyseiset teokset eivät kuitenkaan anna suoraa vastausta siihen, miten laskenta suoritetaan tai mitä asioita täytyy ottaa huomioon, joten lopullinen laskurin tekeminen ja suunnittelu on tekijän käsissä.

Nykyiset vaatimukset ovat keskittyneet energiatehokkuuteen rakenteiden kautta. Säädöstä tiukentamalla vaikutetaan moneen asiaan, kuten lämmityskustannusten sekä -energian pienentymiseen, joka osaltaan vaikuttaa, lämmitysmuodosta riippuen, päästöjen vähenemiseen. Rakenteiden lisäksi huomiota pitäisi kiinnittää myös rakentamisen aikaisiin päästöihin, koska teollisuuden vaikutus ilmastoon on erittäin suuri. Jos omakotitalorakentajat rupeavat suosimaan ympäristöystävällistä rakentamista, myös yritysten täytyy muuttaa omaa prosessiaan kestäväen kehityksen suuntaan. Kaikki muutos lähtee lopulta asiakkaasta, heidän tarpeista ja haluisista.

## 4 KYMPITALOT

Kympitalot on brändi, joka sisältää kahden yrityksen tuotteet ja palvelut. Toimintaan sisältyy suurelementtien rakentaminen omakotitaloihin, rivitaloihin, hoivakoteihin ym. sekä pienelementtien rakentaminen autotalleihin, autokatoksiin ja hevosalleihin. Pienelementeistä voidaan rakentaa myös puolilämpimiä varastoja ja mökkejä. Käyttötarkoitukset voivat olla laajat asiakkaiden toiveisiin perustuen. Tässä luvussa käydään läpi Kymppitalot-brändin takana toimivien yritysten historiaa sekä tulevaisuutta talotehdasalueella.

### 4.1 Puutalokymppi

Kauhajoen tehdasalueella on alun perin toiminut Suomen Taloteollisuus Oy, joka kuului Enso Gutzeit -ryhmittymälle, jolla oli käytössään puualan parasta teknologiaa. Alueella on ollut myös oma saha, josta saatiin kaikki tarvittava puutavara, mutta pari vuotta sitten se purettiin vuosien käyttämättömyyden jälkeen.

Puutalokymppi tuli kuvioihin kaksitoista vuotta sitten. Suunnitelmana oli pienelementtien valmistus varastoihin ja autotalleihin sekä suurelementtien valmistus omakotitaloihin. Nykyään suurelementtejä menee myös hoivakoteihin, rivitaloihin ja muihin isoihin projekteihin. Elementtejä lähetetään myös Keski-Eurooppaan yhteistyökumppaneiden tilausten mukaan.

Puutalokympillä on töissä noin 50 henkilöä, joista suunnilleen kymmenen henkilöä toimii toimistopuolella erilaisissa tehtävissä, esimerkiksi elementtisuunnittelussa, tarjouslaskennassa ja laskutuksessa. Tuotannosta löytyy eri rakennukset talli- ja talopuolen linjastoille ja varastoille, joten toiminta pysyy hallitusti koko ajan määrättyjen henkilöiden käsissä. Päivitystä tapahtui pari vuotta sitten talolinjaston uusimisella.

Puutalokympin tehdasalueen rakennuksista suurin osa on vielä tyhjänä, joten mahdollisuudet toiminnan laajenemiseen järjestyvät helposti omalta alueelta. Laajentaminen vaatii kuitenkin pääomaa lisälinjastojen ja -henkilökunnan hankkimis-

seksi. Tämän päivän taloustilanne ei salli kalliiden uudistusten tekemistä ilman isompaa riskinottoa.

## **4.2 Kympin Rakentajat**

Kympin Rakentajat on perustettu vuonna 2010. Yrityksen omistajina ovat samat henkilöt kuin Puutalokympillä, mutta palkkalistoilla vain kaksi henkilöä. Toimenkuvaan kuuluu pienimpänä urakkana pelkät pystytystyöt, toisena muuttovalmistalojen rakentaminen, sekä isoimpina hankkeina hoivakotien ja rivitalohankkeiden alusta loppuun tekeminen.

Ajatus kahden eri yrityksen perustamiseen tuli siitä, että Puutalokympin johto halusi tuoda markkinoille samaa, mitä muutkin jo tarjoavat eli rakentamispalvelut. Tätä toimintoa ei kuitenkaan haluttu sekoittaa jo olemassa olevan yrityksen kirjanpitoon ja toimintaan, joten uuden toiminimen perustaminen oli luonteva ratkaisu. Näin pystytään selkeästi erottamaan kahden yrityksen tulot ja menot sekä näkemään molempien toimien tilinpäätöksen tulokset.

Kympin Rakentajien toiminta on alusta asti ollut erittäin nousujohteista, ja näin sen oletetaan jatkuvan. Kaikkea ei ole tarvinnut lähteä rakentamaan täysin nollasta, koska seinäelementtien teko on jo vanhaa osaamista Puutalokympin puolelta, joten uutena tulevat työmaalla tapahtuvat, rakentamiseen liittyvät asiat kuten perustukset ja pintamateriaalien asennus. Isoin askel uudelle yritykselle on ympärillä toimivien alihankkijoiden hankkiminen. Tämä on kuitenkin sujunut Kympin Rakentajien suhteen melko helposti, koska toimitusjohtajan kokemus ja kontaktit ovat olleet erittäin laajat jo projektin alussa.

## **4.3 Muuttovalmistalojen tulevaisuus**

Kympin Rakentajien tavoitteena on kasvattaa ja kehittää muuttovalmistalomallistoa ja -myyntiä sekä tuoda pikkuhiljaa ihmisten tietoisuuteen Kymppitalot brändinä. Tulevan kesän loma-asuntomessut Lappeenrannassa sekä asuntomessut Tampereella tuovat näkyvyyttä juuri halutulla tavalla. Molemmat talot ovat yksilöllisiä sekä



sisustukseltaan korkeatasoisia ja tuovat messuille omaa näkökulmaa rakentamiselle ja sisustamiselle. Messuilla esillä olevissa taloissa on käytetty uutta tekniikkaa ja innovatiivisia rakenneratkaisuja sekä energiatehokkuus on huomioitu rakenne- ja lämmönlähteratkaisuissa.

Tulevaisuus Kympin Rakentajilla on tällä hetkellä seuraaville vuosille erittäin lupaava ja lisätyövoima toimistopuolella on tarpeen. Toiminnan kasvaessa ja oman aseman vakautuessa voi tehdä isompia investointeja ja luoda vakituisia työpaikkoja alan osaajille. Hieman kauempana tulevaisuudessa haaveena olisi yksilöllisten muuttovalmistalojen myynti. Näiden etuna on isomman asiakaskunnan saavuttaminen laajemman valikoiman ja muutosmahdollisuuksien kasvaessa.

## 5 TALON RAKENTEET

Talojen rakenteiden paksuudet ja ilmanpitävyydet ovat muuttuneet radikaalisti vuosikymmenien saatossa. Parikymmentä vuotta vanhoissa tai vanhemmissa rakennuksissa tulee nykypäivänä vastaan joko isot lämmityskustannukset tai ulkoseinien eristeiden lisääminen, mikä on kallis remontti. Nykypäivän seinien U-arvo,  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , on jo sinällään hyvä arvo seinälle ja lämmönläpäisykerroin tällaisessa talossa on koko rakentamisen historian aikana pienimillään eli talon rakenne on pitävin. Rakenteista on hiljalleen opittu lisää ja löydetty sopivia ratkaisuja seinän ilmanpitävyyden parantamiseksi, huomioiden rakennusfysiikassa eteen tulevat kastepisteet ja muut rakenteelliset tekijät. Parempien ilmanpitävyyksien myötä käytönajan hiilijalanjälki pienenee lämmitystarpeiden vähentyessä. Vaikutusta voi olla myös rakennusaikaiseen hiilijalanjälkeen tuotantoprosessien lyhentyessä ja muuttuessa tehokkaammaksi kuin aikaisemmin. Seuraavaksi käsitellään erilaisia taloon tulevia rakenteita ja niiden vaikutusta hiilijalanjäljen laskentaan.

### 5.1 Seinärakenteet

Matalaenergiarakennusta suunnitellessa käytetään vertailulämpöhäviön laskennassa ulkoseinille määritettyä lämmönläpäisykerrointa  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  lämpimissä tiloissa. Rakennuksen laskennallisen lämpöhäviö saisi olla vertailuarvosta enintään 85 %. (RakMk D3 2009, 2.)

Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa passiivitaloksi on määritelty rakennukset, joiden lämmitysenergiantarve on  $20\text{--}30 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa. Rakennuksen ilmapuotoluku  $n_{50}$  täytyy olla pienempi kuin 0,6 kertaa tunnissa. Ovien lämmönläpäisykerroin pitää olla pienempi kuin  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja ikkunoiden  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Hellsten 2008, 17.)

Nolla- ja plusenergiatalon ideana on tuottaa uusiutuvaa energiaa. Nollaenergiatalossa vähimmäistaso muun energian kulutukselle on saman verran kuin itse talo tuottaa, ja plusenergiatalossa yli oman tarpeen, eli myyntiin. Jotta päästään vaadittuun energiatasoon, täytyy tilojen ja käyttöveden lämmityksen energiantarpeita pienentää. Alle puolet tavanomaisesta energiantarpeesta vievä valaistusjärjestelmä sekä luonnonvalon tehokas käyttö parantavat mahdollisuuksia päästä vähäi-

seen kulutukseen. Aurinkokennot voivat olla yksi keino tuottaa sähköä. Kaikkiin elektroniikkalaitteisiin sekä talotekniseen järjestelmään täytyy kiinnittää huomiota vähäisen energiatason saavuttamiseksi. (Hellsten 2008, 17.)

## 5.2 Ylä- ja alapohja

Ylä- ja alapohjan kautta häviää talon lämmöstä melkein kolmannes. Nykypäivän energiatehokkaissa taloissa on yläpohjassa yhteensä 500-600 mm eristettä levy- ja puhallusvillana. Alapohjan suunnittelu on selkeästi myös parantunut vuosien saatossa ja kiinnitetty enemmän huomiota lämmön karkailuun ja homekasvuston estävään rakenteeseen, esimerkiksi hyvällä tuuletuksella.

Monet saattavat miettiä, että lisäeristävät jälkikäteen tarpeen mukaan. Yläpohjassa se on vielä suhteellisen helppoa, jos tila antaa myöten. Tuulettuvassa alapohjassa eristyksen lisäys voi tapahtua myös helposti, mutta muissa tapauksissa työ on kallista, aikaa vievää ja rahallisesti hyötyyn nähden turhaa. Tämän takia pieniä säästöjä rakentamisvaiheessa muutaman eristyskerroksen poisjättämisellä ei kannata tehdä. Ylä- ja alapohjan vaikutukset lämmityskustannuksiin ovat niin suuret, että rakentamisvaiheessa tehty hyvä eristys saattaa vähentää kolmanneksella lämmitystarvetta.

## 5.3 Ikkunat ja ovet

Ikkunat ovat talon lämmityksessä heikoin lenkki. Niiden kautta siirtyy eniten lämpöä sisältä ulos ja talvisin ikkunan lähellä seistessä saattaa tuntea vetoa. Vaikka nykyään ikkunoita tehdään jopa nelinkertaisella lasituksella, se ei siltikään pääse samalle tasolle normaalin seinärakenteen kanssa. Tämän takia on erittäin tärkeää suunnitella huolella ikkunoiden paikat. Järkevintä olisi sijoittaa isoimmat ikkunat etelän puolelle, jolloin talviaikaan saadaan eniten hyötyä luonnonvalon tuottamasta lämmöstä. Räystäsrakenteilla, ikkunoiden eteen rakennettavalla aurinkosuojalla tai terassilla voidaan rajoittaa kesäisin tulevan valon määrää ja pienentää jäähdytyksen tarvetta. Muihin ilmansuuntiin kannattaa suunnitella mahdollisimman vähän ikkunapinta-alaa. Ikkunoiden suunnittelussa kannattaa myös huomioida tämän

päivän valmistajien tarjoamat vaihtoehdot. Monet yritykset ovat kasvattaneet valikoimaansa ja parantaneet ikkunoiden energialuokkaa vuosien aikana. Paras valinta on mahdollisimman tiivis ja lämmön sisällä pitävä ikkuna, jonka U-arvo voi olla nykyajan laseilla jo lähemmäs  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ovet eivät ole yhtä heikko osa talon lämmityksen karkaamisessa kuin ikkunat. Ovilla voidaan käyttää tuplatiivistyksiä, eristystä ja moninkertaista lasitusta. Ovien U-arvot voivat mennä tänä päivänä alle  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Luku on lähellä ikkunoiden arvoa, mutta ovien valttina ovat puuosat, joiden sisälle saadaan eristystä. Ikkunapinnan heikkoutena on huono lämmönjohtavuus, mikä taasen eristetyssä rakenteessa toimii hyvin.

#### **5.4 Ilmanvaihto ja lämmitys**

Monet talonrakentajat kiinnittävät tulevassa kodissaan huomiota esteettisiin asioihin, kuten pintamateriaaleihin, huonesijoitteluun sekä ulkonäköön. Nämä asiat vaikuttavat talon arvoon, mutta eivät hiilijalanjälkeen, mikä tulevaisuudessa voi olla ostajille tärkeä elementti sekä myyjille valttikortti.

Nykyään on pakollisena koneellinen ilmanvaihto, mutta erilaiset markkinoilla olevat ratkaisut saattavat poiketa suuresti toisistaan ja tuoda selviä eroja käytössä. Näiden vaihtoehtojen tutkiminen on rakentajille vaikea, mutta tärkeä prosessi. Tarpeisiin ja taloon sopivan tuotteen valitseminen vaikuttaa rakennuksen toimivuuteen merkittävästi.

Talon lämmitys sisältää rakenteen lämmittämiseen sekä energiantuottamistavan valinnat. Lämmityksessä saatetaan käyttää vedellä tai sähköllä toimivia pattereita tai lattialämmitystä. Myös pelkkää ilmalämpöpumppua voidaan käyttää koko talon lämmittämiseen. Erilaisten lämmitysratkaisujen apuna saatetaan käyttää esimerkiksi varaavaa takkaa, joka toimii sisustuselementin lisäksi isona patterina. Mikäli halutaan käyttää esimerkiksi aurinkokennoja tai maalämpöpumppua, on erittäin tärkeää huomata, että niiden kanssa tulisi valita vesikiertoinen järjestelmä sisälle

eli jotkut toiminnot sisältävät tiettyjä kriteerejä ja jos näistä valinnoista ei ole perillä, voi lopullinen suunnitelma kariutua täysin tietämättömyyden takia.

## 5.5 Rakenteiden vaikutukset hiilijalanjälkeen

Erilaiset rakenneratkaisut tuovat vähäistä vaikutusta hiilijalanjälkeen laskennassa. Lisäykset eristemääriin tai rakenteelliset muutokset eivät aiheuta suurta muutosta rakennusajan hiilijalanjälkeen, elleivät ne ole selvästi ekologisempia ratkaisuja. Isoin vaikutus rakenteilla on käytössä. Mitä eristetympi rakennus, sitä vähemmän tarvitaan lämmitystä ja säästetään luontoa sekä pienennetään talon jättämää hiilijalanjälkeä. Eristyksen vaikutus kesällä on päinvastainen eli se pitää talon viileänä, jos käytössä on jäähdytysjärjestelmä. Ulkopuolen lämmin ilma ei pääse yhtä helposti sisälle hyvin eristettyjen talorakenteiden läpi.

Taloa suunniteltaessa ei voida ottaa huomioon vain seinä- tai kattorakennetta parhaimman tiivyyden saavuttamiseksi. Talon vaippaan kuuluu kuvion 7 mukaiset osat, joista jokaisella on merkittävä vaikutus lämpövuodon pienentämisessä. Hyvällä suunnittelulla ja rakentamisella vältetään lämmön karkaaminen ja tehdään energiatehokas sekä ekologinen talo.

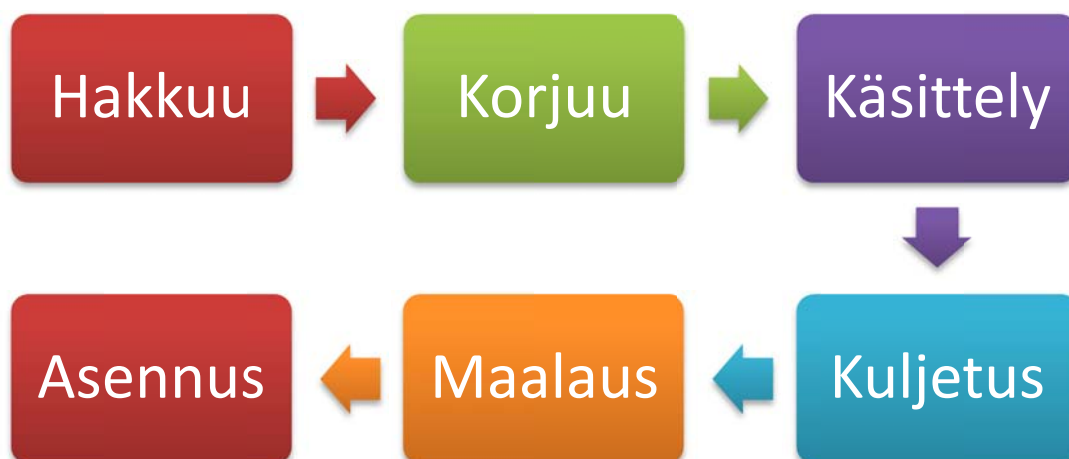


Kuvio 7. Lämmön siirtyminen talosta ulos. (Vattenfall 2012.)

Erilaiset lämmönlähteratkaisut vaikuttavat myös talon kokonaispäästökulutukseen. Luvussa 2.4. on käsitelty asiaa tarkemmin. Ongelmatonta energiantuotantotapaa ei ole olemassa ja energiaa kuitenkin aina tarvitaan. On löydettävä vähiten ympäristöä kuormittava energian tuottamistapa, sekä käyttää hyväkseen läheltä saatavia energianlähteitä. (Jauhiainen ym. 2011.)

## 6 LASKENNAN LÄHTÖKOHDAT

Materiaalien valmistus voi olla pitkä ja monen tehtaan kautta kulkeva aikaa vievä prosessi. Kaikki vaiheet täytyy ottaa huomioon koko talon raaka-aineiden päästö-laskennassa, laskien välilliset ja välittömät kustannukset. Kuvio 8 osoittaa, miten pelkästään puun hakkuu metsästä ja tuottaminen sahatavaraksi työmaalle on pitkä prosessi. Tämän takia laskurin tekeminen hiilijalanjälkeä varten on monta vaihetta sisältävä kokonaisuus, jossa jokaisen alihankkijan toiminta ja kulutus tuottavat oman osuutensa hiilijalanjäljen kokonaissummasta. Tässä luvussa käydään läpi välittömien ja välillisten kustannusten määrytykset ja merkitys laskennassa, mutta ei lähdetä erottelemaan jokaisesta tuotteesta ja tuotantovaiheesta syntyviä kustannuksia. Nämä päästöt selviävät parhaiten tarkkojen lukuarvojen saannin yhteydessä laskurin kehityksen aikana.



Kuvio 8. Puun elinkaari.

### 6.1 Välilliset päästöt

Välilliset päästöt tarkoittavat niitä eriä, jotka eivät suoraan synny tuotteen tekemisestä tai eivät ole niin helposti kohdistettavissa tuotetta kohden, esimerkiksi lämmitys, sähkö ja kuljetukset. Kokonaiskustannuksen erottelu tiettyä tuotetta kohden saadaan, jos esimerkiksi sähkölaskun summa jaetaan kyseisellä aikajaksolla oleviin tunteihin ja kerrotaan tuotetta kohden käytetyillä tunneilla. Tällöin tuloksena on

kyseistä tuotetta kohden syntynyt sähkönkulutus. Tuloksessa esiintyy vääristymää, koska tehtaassa voidaan samanaikaisesti tehdä toista tuotetta tai käyttää osan ajasta muuhun kuin laskettavan tuotteen valmistamiseen. Tulos kuitenkin osoittaa suuntaa antavasti kokonaiskustannuksia ja virhemarginaalina voidaan käyttää muutamaa prosenttia.

Välillisten päästöjen osuus kokonaiskustannuksista on selkeästi pienempi kuin välittömien, koska nämä päästöt syntyvät tuotteen tuotantoprosessin ohessa syntyvistä kuluista. Kuitenkin on syytä huomioida myös välillisten päästöjen tuoma osuus kokonaisuudessa. Esimerkiksi lämmitys uusiutuvilla luonnonvaroilla, kuten hakkeella, on selkeästi ympäristöä vähemmän kuormittavaa kuin uusiutumattomien luonnonvarojen, kuten öljyn, käyttö. Markkinoinnissa voidaan kuluttajille kertoa tuotteen valmistuksen yhteydessä tehtävistä vihreistä valinnoista, kuten uusiutuvat energianlähteet sekä vähennetyt tai yhdistetyt tuotekuljetukset.

Kuljetusten päästöjen laskennassa käytetään hyväksi tietoja kuorma-autojen normaaleista päästölukemista, joka kerrotaan matkaan tarvittavilla kilometreillä. Jos samassa kuljetuksessa tulee myös muuhun kohteeseen meneviä tuotteita, voidaan kokonaismatkaa jakaa eri kohteiden kesken.

## **6.2 Välittömät päästöt**

Välittömät päästöt sisältävät kaikki helposti valmistusprosessien kautta tuotteen kohdistettavat eli kiinteät erät. Laskentaan voidaan merkitä kiinteäksi luokitellun tuotteen päästömäärä yksikkö kohden, mikä poistaa laskennasta joka kerta päästömäärien vaihtamisen. Esimerkiksi betoniperustusta tehdessä otetaan huomioon kuljetukset, betoni sekä teräkset ja seinäelementtien rakentamisessa sahatavara, naulat, höyrynsulku, ikkunat, ovet ja muut tarvittavat tuotteet.

Välittömiä kustannuksia käytetään terminä esimerkiksi kirjanpidossa sekä markkinoinnissa suhteellisen paljon. Asia ei siis ole tuntematon tietyillä aloilla, joten samaa ajatusta voidaan soveltaa rakennusalan käyttöön. On tärkeää tehdä rajaus, mitä välittömät päästöt tarkalleen sisältävät ja mitkä osat siihen eivät enää kuulu.

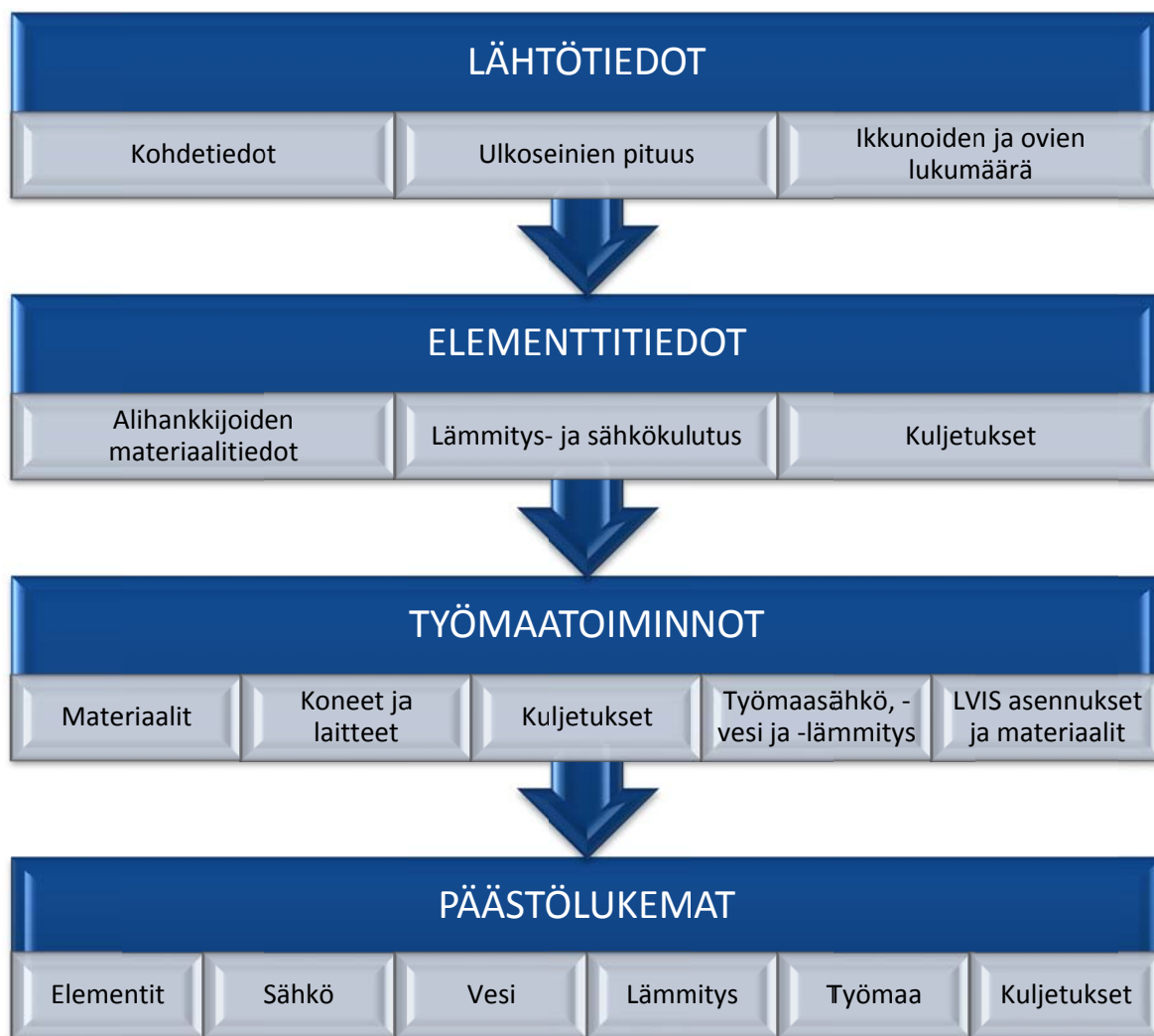


Näin voidaan varmistua siitä, että kaikki lähtevät samoista olettamuksista ja jokaisen kohteen laskennassa tehdään samanlainen pohja.

### 6.3 Laskennan kulku

Exceeliin tehtävän laskurin suunnittelussa kannattaa lähteä loogisesti viemään kohta kohdalta rakentamisvaiheiden mukaan laskentaa eteenpäin (kuvio 9). Välilehtiä voisi aluksi olla neljä kappaletta ja myöhemmin muutoksia tehdessä eritellä jotkut toiminnot vielä pienempiin osiin ja eri välilehdille. Lähtötiedoissa kysellään kohteen nimeä ja osoitetta sekä seinäelementteihin liittyviä alkuarvoja. Seuraavalla välilehdellä sijaitsee elementtiin kuuluvat materiaalit, esimerkiksi sahatavara, höyrynsulku, naulat, eristeet, ovet ja ikkunat. Elementteihin liittyy myös valmistuksen aikainen sähkö, vesi ja lämmitys, joten nekin täytyy huomioida tehtaan kulutuksen mukaan. Kolmannen välilehden tarkoituksena on käydä läpi työmaalla tapahtuvat toiminnot; työmaakoneet, sähkö, vesi, lämmitys, kuljetukset ja LVIS asennukset ja materiaalit. Viimeisellä välilehdellä käydään läpi annettujen arvojen mukaan tulevat päästölukemat eriteltynä elementtien, sähkön, veden, lämmityksen työmaatoimintojen ja kuljetuksen välillä. Lopullinen lukema kertoo koko rakennuksenaikaisen kulutuksen alusta loppuun saakka.

Laskentaan, helpon ja nopean käytön varmistamiseksi, on tehtävä valmiita kaavoja, joista jokainen annettu lukema kopioituu viimeiselle välilehdelle lopullisiin arvoihin. Käyttäjän ei siis tarvitse itse joka kerta lisätä lukemia ja kaavoja, vaan taulukon ideana on poistaa ylimääräiset ja toistettavat laskutoiminnot. Helppo käytettävyys luo pienemmän kynnyksen lähteä kokeilemaan laskentaa yhä uudelleen sekä antaa mahdollisuuden viedä laskennan jopa asiakkaiden kokeiltavaksi ja ihmeteltäväksi eikä se vaadi rakennustietämystä vaan enemmänkin tietämystä talon mitoista, tarvikkeiden määristä ja muista kuvion 9 mukaisista asioista.



Kuvio 9. Laskennan kulku alusta loppuun.

Laskennan ymmärtämiseksi ja jatkon toimivuuden varmentamiseksi kannattaa itselle tehdä selväksi, mitkä vaiheet täytyy ottaa huomioon missäkin kohdassa ja kirjoittaa laskurin viereen muistutukseksi, ettei jotain lukemaa lasketa kahteen kertaan. Jatkossa kannattaa käyttää olettamuksena jo aikaisemmin tehtyjä päätöksiä, kirjata ne ylös sekä korjata laskuriin kaikki tarvittavat muutokset. Näin pystytään viemään laskennan toimivuutta eteenpäin ja huomioimaan päästökulutuksia paremmin sekä seuraamaan, miten muutokset vaikuttavat aikaisempiin laskentoihin.

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Työn tulos

Opinnäytetyön antaman tiedon mukaan rakentamisen hiilijalanjäljen laskemiseen vaaditaan kaikkien talon rakenteiden ja rakentamisen valmistamiseen liittyvien vaiheiden tuntemista. Suuntaa antavia lukemia voi saada nopeasti selville, mutta tarkimman tuloksen saamiseksi täytyy käyttää jokaiseen toimittajaan useampi kuukausi, jotta heidän prosessinsa tulee tutuksi sekä kaikki välilliset ja välittömät päästöt saataisiin tarkasti selville. Tässä työssä keskityttiin hiilijalanjäljen, ja siihen liittyvien termien selvittämiseen sekä laskentaa varten tarvittavien tietojen, ohjeiden ja standardien esille tuomiseen. Itse laskuria ei lähdetty kehittämään alkutekijöistä pidemmälle, koska tarpeet laskennan sisällölle tulevat lukuarvojen sijoittelun jälkeen ja laskurin käytön aikana.

Lopputuloksena syntyi hyvä teoriapohja hiilijalanjäljelle ja taloteollisuudelle merkittävistä asioista laskentaa ajatellen. Monet tiedot ovat saatavilla Internetistä hajanaisesti, joten tiedon keruu yhteen ja tärkeiden asioiden löytäminen kaikista lähteistä ovat saaneet työssä keskeisen osan. Tämän työn antamien tietojen pohjalta voi lähteä kehittämään laskuria eteenpäin sekä lisätä tietämystä hiilijalanjäljestä ja siihen kuuluvista elementeistä.

### 7.2 Johtopäätökset

Työssä on käsitelty erilaisten tahojen antamia tietoja hiilijalanjäljestä sekä standardeja ja normeja auttamaan laskuriin tarvittavien tietojen keräämisessä. Tarvittavan tiedon löytäminen vähäisistä lähteistä, pääosin Internetistä, kertoi siitä, kuinka merkityksetön asia on ollut tähän asti, mutta kuinka asia on selkeästi parina viime vuotena noussut esille useammin ja tullut ihmisten ja yritysten tietoisuuteen. Hyvin todennäköistä on, että aiheesta kiinnostutaan yhä enemmän, ja myös kuluttajat rupeavat omalta osaltaan viemään kehitystä eteenpäin vaatien tietoa jokaisen tuotteen vaiheista sekä niiden tuottamasta hiilijalanjäljestä. Kuluttajien vihreät aat-

teet vaativat yrityksiä mukautumaan markkinoiden vaatimuksiin, mikä omalta osaltaan nopeuttaa yritysten toimintaa ekologisemmaksi.

Johtopäätöksenä voi todeta, että ajatus vihreämmästä taloteollisuudesta on todellinen ja tulevaisuudessa ajankohtainen. Jos yritykset lähtisivät jo nyt tutkimaan asiaa tarkemmin, he toimisivat alansa kärkijoukoissa ja pystyisivät markkinoimaan toimintaansa toisin kuin kilpailijat. Tämä antaisi ekologisille yrityksille markkinavaltin, jota muut eivät hetkeen pystyisi valloittamaan, koska tutkimukset vievät aikaa ja samalle tasolle ekologisen yrityksen kanssa pääseminen vaatisi paljon resursseja sekä muutoksia toimintatavoissa ja tuotannossa.

### **7.3 Jatkotoimenpiteet**

Hiilijalanjälki on terminä todella nuori ja tutkimukset ovat vasta aluillaan. Tulevaisuudessa olisi tarkoituksena, että jokainen yritys pystyy ilmoittamaan tarkan luvun oman tuotteen päästöille, mutta se vaatii jokaiselta yritykseltä osuutta tutkimukseen. Kaikkien ketjuun kuuluvien yritysten täytyy toteuttaa päästösuuunnitelma samassa mittakaavassa, jotta taloteollisuuden yritys voi ilmoittaa oman tuotteensa olevan asetettujen normien mukainen. Tänä päivänä harva yritys edes tietää, mitä hiilijalanjälki tarkalleen tarkoittaa ja mitä kaikkea kyseinen termi sisältää. Asia on siis selkeästi vielä suunnitteluasteella ja toteutus tulevaisuudessa.

Jatkossa laskuria kehitetään eteenpäin ja tiedon lisääntyessä tarkkoja lukuarvoja sijoitetaan laskentaan. Laskuriin tehtävillä muutoksilla ja lisäyksillä saadaan tarkennettua laskelmia ja varmistuttua siitä, että mahdollisimman moni asia on otettu huomioon ja tulokset ovat vertailukelpoisia kilpailijoiden kanssa. Tärkeimpänä tekijänä on laskurin toimivuus ja yksinkertaistus, jotta lukuja tai tekstejä ei tarvitse merkitä moneen kertaan eri kohtiin. Toimivuutta pystyy muuttamaan käyttökokeusten kautta kaikkein parhaiten, mikä antaa syyn siihen, miksi laskuria ei kannata lähteä ennen lukuarvojen sijoittamista rakentamaan pitkälle, vaan tehdä aloitusta varten yksinkertainen pohja, jota muokataan tarpeiden mukaan.

## LÄHTEET

- Hellsten, J. 2008 Määritelmäviidakko. Rakennuslehti 2.10.2008. Nro 17(30), 17. Suomen Rakennuslehti Oy.
- Honkonen, J. Kolmas teollinen vallankumous. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. 5.11.2011. Saatavana: <http://www.vihrealanka.fi/uutiset/meneill%C3%A4%C3%A4n-on-kolmas-teollinen-vallankumous>
- Hiilidioksidi. 2011. Kasvihuonekaasujen perusteet. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 2.2.2012]. Saatavana: <http://www.ilmasto.org/lisatietoa/ilmastosivuista.html>.
- Hiilijalanjälki. 2011. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 5.4.2012]. Saatavana: <http://www.naturalinterest.fi/fi/footprints/carbon-footprint> .
- Jauhiainen, S. & Loukola, M-L. [Verkkosivu]. Opetushallitus. [Viitattu 19.4.2012]. Saatavana: [http://www.edu.fi/yleissivistava\\_koulutus/aihekokonaisuudet/kestava\\_kehitys/temoja/energian\\_tuotanto\\_ja\\_kaytto/energian\\_tuotannon\\_ymparistovaikutukset](http://www.edu.fi/yleissivistava_koulutus/aihekokonaisuudet/kestava_kehitys/temoja/energian_tuotanto_ja_kaytto/energian_tuotannon_ymparistovaikutukset)
- Organisaatiokaavio. 2003. Valtion ympäristöhallinto. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 2.4.2012]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=488&lan=FI> .
- Pasanen, P., Korteniemi, J. & Sipari, A. 2010. Passiivitaso asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki. Sitran selvityksiä 63. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. Saatavana: [http://www.bionova.fi/files/sitran\\_selvityksia63.pdf](http://www.bionova.fi/files/sitran_selvityksia63.pdf)
- Perustietota valtioneuvostosta. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 2.2.2012]. Saatavana: <http://www.vn.fi/tietoa-valtioneuvostosta/perustietoa/fi.jsp>.
- PU Nordic. 2011. Kestävä kehitys ja polyuretaanieristeet: Tämän päivän ratkaisu huomisen tarpeisiin. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 16.1.2012]. Saatavana: <http://www.pu-nordic.fi/polyuretaanin-kaytto/polyuretaani-ja-kestava-kehitys>.
- RakMK D3. 2009. Rakentamismääräyskokoelma: rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010, 2. [Verkkojulkaisu]. Helsinki. Vaatii kirjautumisen. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/103715.html.stx>
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2009. Kasvihuonekaasut. [Verkkojulkaisu]. ISSN=1797-6049, Suomen 2008 kasvihuonekaasupäästöt. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 23.2.2012]. Saatavana: [http://stat.fi/til/khki/2008/khki\\_2008\\_2009-12-04\\_kat\\_001\\_fi.html](http://stat.fi/til/khki/2008/khki_2008_2009-12-04_kat_001_fi.html).

Tietoa valtioneuvoksesta. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 29.3.2012]. Saatavana: <http://valtioneuvosto.fi/tietoa-valtioneuvostosta/valtioneuvoston-historiaa/fi.jsp>.

Tilastokeskus. 2006. Ympäristötilasto 2006.Helsinki. Päästöt ilmaan, 9-10.

Uusiutuvat energialähteet. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 19.4.2012]. Saatavana: [http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen\\_vahentaminen\\_suomessa/uusiutuva\\_energia.html](http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/uusiutuva_energia.html)

Vattenfall. 2012. [Verkkosivu]. Helsinki. [Viitattu 12.4.2012]. Saatavana: <http://www.vattenfall.fi/fi/seinat-katto-ja-ikkunat.htm>.

Ympäristöministeriön historiikki. 2003. Valtion ympäristöhallinto. 2003. [Verkkajulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 2.2.2012]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=488&lan=FI>.