

Auli Pirilä

Rakennusmateriaalien ekologisuus ja niiden kierrätys sekä uusiokäyttö

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Auli Pirilä

Työn nimi: Rakennusmateriaalien ekologisuus ja niiden kierrätys sekä uusiokäyttö

Ohjaaja: Veli Autio

Vuosi: 2017 Sivumäärä: 40 Liitteiden lukumäärä: 0

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan yleisimpien rakennusmateriaalien ekologisuutta ja ympäristöystävällisyyttä sekä materiaalien eri kierrätysmahdollisuuksia. Tarkasteltavina materiaaleina ovat puu, betoni, teräs, tiili, bitumi ja rakennuseristeistä mineraalivilla-, puukuitu-, EPS- ja polyuretaanieristeet. Työssä pohditaan myös, mitä elinkaariajattelu, kestävä rakentaminen ja rakennuksen ympäristöystävällisyys tarkoittavat ja mitä ne pitävät sisällään.

Opinnäytetyössä käsitellään myös kuvitteellisen omakotitalon rakentamista ekologisesta näkökulmasta. Ekologisessa rakentamisessa on tärkeää huomioida rakentamiseen kuuluva energia, luonnonvarojen kuluttaminen ja rakentamisen raaka-aineiden paikallisuus sekä rakennuksen käytön aikainen energiankulutus. Näiden huomioon otettavien seikkojen pohjalta on hahmoteltu esimerkki siitä, millainen ekologinen omakotitalo voisi olla.

Ympäristön kuormittumisen huomioiminen on nykypäivänä merkittävä osa rakentamista ja sen suunnittelua. Tässä työssä tarkoituksena oli pohtia, miten eri rakennusmateriaalit kuormittavat ympäristöä, miten niitä voidaan hyötykäyttää uudelleen ja miten niiden valinnalla voidaan vaikuttaa rakennuksen ekologisuuteen ja tätä kautta koko ympäristömme hyvinvointiin.

Avainsanat: ekologisuus, kierrätys, rakennusmateriaalit

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Auli Pirilä

Title of thesis: The ecological sustainability and recyclability of construction materials

Supervisor: Veli Autio

Year: 2017 Number of pages: 40 Number of appendices: 0

The thesis examined the state of how environmentally friendly the most common construction materials are and also the possibility to recycle these materials. The materials under the survey were wood, concrete, steel, brick and also mineral wool, wood fibre, EPS and polyurethane as insulating material. The thesis also included deliberation about lifecycle thinking, lasting construction and environmentally friendly status of buildings.

The thesis also dealt with how to build an environmentally friendly detached house. In ecological construction, it is important to pay regard to energy consumption, natural resources and the locality of construction materials.

All the construction materials have their own strengths and weaknesses. The most environmentally friendly material is wood, although all materials have some ecologically sustainable features. Wood is the only completely renewable material, and by using wood you can slow down the climate change.

Keywords: ecological sustainability, recirculation, environmentally friendly

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYS JA KESTÄVÄ KEHITYS.....	7
1.1 Elinkaariajattelu.....	7
1.2 Kestävä rakentaminen.....	8
1.3 Rakennuksen ympäristöystävällisyys.....	9
2 RAKENNUSMATERIAALIEN EKOLOGISUUS.....	10
2.1 Puu.....	11
2.2 Betoni.....	13
2.3 Teräs.....	14
2.4 Tiili.....	16
2.5 Bitumi.....	17
2.6 Rakennuseristeet.....	18
2.6.1 Mineraalivillaeristeet.....	18
2.6.2 Puukuitueristeet.....	18
2.6.3 EPS-eristeet.....	19
2.6.4 Polyuretaanieristeet.....	19
3 KIERTOTALOUS.....	21
4 KIERRÄTETTYJEN RAKENNUSMATERIAALIEN UUSIOKÄYTTÖ.....	24
4.1 Puu.....	24
4.2 Betoni.....	26
4.3 Teräs.....	27
4.4 Tiili.....	28
4.5 Bitumihuopa.....	28
4.6 Rakennuseristeet.....	29
4.6.1 Mineraalivillaeristeet.....	30

4.6.2	Puukuitueristeet	30
4.6.3	EPS- eristeet.....	30
4.6.4	Polyuretaanieristeet	30
4.6.5	Purkuikkunat	31
5	EKOLOGISEN OMAKOTITALON RAKENTAMINEN	32
5.1	Talon malli ja koko	32
5.2	Rakennuksen runko	32
5.3	Alapohja ja lattia.....	33
5.4	Välipohja, yläpohja ja katto	34
5.5	Lämmitys.....	34
6	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET	36

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Eri materiaalien hiilidioksidipäästöt (Käytä puuta 2006, 34).	11
Kuvio 2. Eri materiaaleista rakennettujen talojen hiilidioksidipäästöjen erot (Käytä puuta 2006, 35).	11
Kuvio 3. Yleisimpien lämmöneristeiden ympäristöominaisuuksia (RT 36-10689, 6).	20
Kuvio 4. Rakennusjätteiden osuudet ja rakennusjätteen kierrätysosuuden tavoite (Hannula 2016).	22
Kuvio 5. Lastulevyn käyttö Euroopassa ja lastulevyn raaka-ainejakauma (Käytä puuta 2006, 52).	25

Käytetyt termit ja lyhenteet

Ekologinen kestävyys	Luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen sekä ekosysteemin toiminnan varmistamiseen pyrkivä näkökulma, jossa ihmisen toiminta pyritään sopeuttamaan luonnon kantokykyyn.
Elinkaariajattelu	Koko rakennuksen elinkaaren, eli rakentamis-, käyttö- ja purkamisvaiheiden huomioiminen.
EPS- eriste	EPS (lyhenne sanoista expanded polystyrene) on paisutettua polystyreenimuovia, jota käytetään rakentamisessa sen kestävyden ja lämmöneristävyyden vuoksi.
Kestävä kehitys	Yhteiskunnallinen muutos, jonka tavoitteena on turvata sekä nykyisille että tuleville sukupolville hyvät elämis- ja toimintamahdollisuudet.
Kestävä rakentaminen	Toiminta, jossa pyritään tuottamaan mahdollisimman pitkäikäisiä ja mahdollisimman vähän korjaamista tai huoltoa tarvitsevia rakennuksia. Sen tarkoituksena on käyttää ratkaisuja, jotka ovat mahdollisimman taloudellisia ja ekologisia.
Kiertotalous	Talouden malli, jossa jätteen määrä pyritään minimoimaan sekä tuotteiden ja materiaalien kierto pyritään pitämään mahdollisimman pitkänä niin, että niiden arvo säilyy.
PU- eriste	Ryhmä solumuovieristemateriaaleja, jotka pohjautuvat joko polyuretaniin (PUR) tai polyisosyanuraattiin (PIR).

1 YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYS JA KESTÄVÄ KEHITYS

1.1 Elinkaariajattelu

Rakentamisessa elinkaariajattelu näkyy käytännön tasolla siinä, että tarkastellaan koko rakennuksen elinkaarta, joka käsittää rakentamisvaiheen, käyttövaiheen ja purkamisvaiheen, pelkän rakennusvaiheen sijaan. Elinkaariajattelussa tarkastellaan luonnontaloutta ja ympäristökuormituksia rahatalouden rinnalla. Nykyisin rakennusvaiheen rahalliset kustannukset ovat suurelta osin määräävässä roolissa, eikä tämä tule helposti muuttumaan lähitulevaisuudessa. Kuitenkin elinkaarikustannukset, ympäristöystävällisyys ja kierrätys ovat viime vuosina saaneet ja tulevat jatkossakin saamaan yhä enemmän painoarvoa. (Punkki, 508.)

Elinkaaritarkasteluissa rakennukselle määritetään laskennallinen käyttöikä, joka on esimerkiksi 50 tai 100 vuotta. Tämän mukaisesti rakentamisvaiheessa voidaan panostaa enemmän tiettyihin osa-alueisiin ja näin ollen saada rakennuksen käyttövaiheessa investointi takaisin jopa moninkertaisena. Elinkaariajatteluun sisältyy kuitenkin myös rahatalouden huomioiminen ja investointien on oltava tuottavia. (Punkki, 508.)

Elinkaariajattelun yhteyteen liittyy myös kestävän kehityksen periaatteet. Vaikka kestävä kehitys on terminä melko kulunut, siihen sisältyy paljon tärkeää asiaa. Kestävään kehitykseen kuuluu rakentamisessa taloudellisten ja ekologisten periaatteiden huomioiminen, mutta myös sosiaaliset ja kulttuuriset näkökohdat tulisi ottaa huomioon. Sosiaaliset näkökohdat sisältävät esimerkiksi rakennusten ja kaupunkiympäristön kunnan huomioimisen. Kunnossapito on tärkeä osa rakennusten elinkaarta, sillä ilman sitä rakennukset rapistuvat ja vanhenevat ennen aikojaan ja kaupunkiympäristö, rakennuksen yleisilme ja asuttavuus kärsivät. (Punkki, 508.)

Myös kulttuurillisissa näkökodissa pitkäikäisyys on avainasemassa. Ihmisten on huolehdittava, että vanhat rakennukset säilyvät ja myös tämän päivän rakennuksia ja arkkitehtuuria on esillä vielä sadan vuodenkin päästä. (Punkki, 508.)

1.2 Kestävä rakentaminen

Kestävän kehityksen tarkoituksena on turvata ja säilyttää hyvät elinolosuhteet niin nykyisille kuin tulevillekin sukupolville. Siihen sisältyy ihmisen, ympäristön ja talouden huomioiminen kaikissa päätöksissä ja toiminnassa. Ekologisessa kestävydessä luonnon monimuotoisuus ja ekosysteemien toimivuus pyritään säilyttämään mahdollisimman koskemattomina. Keskeisenä periaatteena on varovaisuus: on parempi estää ympäristön tilan heikkenemistä varmuuden vuoksi, vaikka heikkenemisestä puuttuisikin tieteellistä näyttöä. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Kestävä rakentaminen tarkoittaa rakennustoimintaa, jota tehdään kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Ekologisesti kestävä rakentaminen taas käsitteenä pyrkii alleviivaamaan erityisesti ekologista ulottuvuutta, joka rakentamiseen liittyy. Samalle asialle on myös muita samaa tarkoittavia käsitteitä, kuten ekologinen rakentaminen ja ekorakentaminen. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Yksi suurista uhista ihmiskunnalle on ilmastonmuutos. Vaikka sitä ei voidakaan pysäyttää, sitä voidaan hidastaa ja sen laajuuteen voidaan vaikuttaa. Rakentamisella on tässä merkittävä rooli. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Ekologisesti kestäväan rakentamiseen liittyy olennaisesti luonnonvarojen käyttö ja energiankulutus. Vuosittain luonnonvaroja kulutetaan kolmannes enemmän, kuin mitä maapallo niitä tuottaa. Niistä saatava hyöty jakautuu hyvin epätasaisesti ympäri maapalloa. Suomalaisten ekologinen jalanjälki on 5,5 hehtaaria, mikä tarkoittaa, että tarvitaan sen kokoinen maa-ala tuottamaan yhden suomalaisen käyttämät luonnonvarat. Raja maapallon kantokyvyille on 2,2 hehtaaria, eli jos kaikki eläisivät kuten suomalaiset, tarvittaisiin kaksi ja puoli maapalloa tarvittavan ruoan, energian ja tavaroiden tuottamiseen. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Rakennuksen ekologinen kestävyys koostuu monesta osatekijästä ja ekologisesti rakennettaessa joudutaan usein tasapainoilemaan useiden erilaisten vaihtoehtojen välillä. Keskeinen osatekijä kestävässä rakentamisessa on energiatehokkuus, mutta kokonaisuuteen vaikuttavat huomattavasti myös rakennuksen sijainti,

materiaalivalinnat ja myös asukkaiden asumistottumukset. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Energiatehokkuuteen on suuri vaikutus rakennuksen koolla, rakennuksen lämmöneristyskyvyllä ja lämmitysmuodolla. Suuri talo kuluttaa oletetustikin enemmän energiaa kuin pieni, sillä lämmitettävää pinta-alaa on enemmän. Lämmöneristyskyky ja ilmatiiveys ovat tärkeimpiä ominaisuuksia energiatehokkuuta ajatellen, sillä hyvät eristeet vähentävät energiankulutusta. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Rakennuksen sijainnilla on vaikutusta siihen, kuinka ekologinen talo on. Ympäristön kannalta on parempi rakentaa lähelle palveluita kuin haja-asutusalueille, sillä liikenne itsessään on myös suuri energiasyöppö ja päästöjen lähde. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

Ekologisessa talossa rakenteet ovat mahdollisimman lähellä olevista materiaaleista ja mahdollisimman vähällä energialla tuotettuja. Niiden tulisi myös kestää pitkään, olla kierrätettäviä ja tarvittaessa korjattavissa. Suomessa puu on oivallinen valinta tätä näkökulmaa ajatellen. (Rakentajan ekolaskuri 2016.)

1.3 Rakennuksen ympäristöystävällisyys

Ympäristöystävällisen eli ekologisen rakennuksen voidaan ajatella olevan sellainen, joka rakentamis- ja käyttövaiheessaan aiheuttaa mahdollisimman vähän haittaa ja kuormitusta ympäristölle. Rakennuksen tulisi soveltua nykyisiin ja myös mahdollisesti tulevaisuudessa muuttuviin käyttötarkoituksiin. Sen tulisi olla myös turvallinen, terveellinen, viihtyisä ja pitkäikäinen. Lisäksi tärkeä osa ekologisuutta on rakennusosien- ja materiaalien kierrätettävyys. Kaikki ekologiset vaatimukset tulisi osata huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Vaikkakin suunnittelijan tulisi osata ottaa huomioon eri materiaalien ekologiset ominaisuudet, myös itse rakennusvaiheessa materiaalivalinnat ja rakenneratkaisut ovat avainasemassa ympäristöystävällisyyttä ajatellen. Myös rakennuksen käyttäjän tulisi osata jatkaa ekologisen ajattelun linjaa, sillä tämä voi omilla toimillaan vaikuttaa ratkaisevasti etenkin rakennuksen energiankulutukseen. (Punkki, 510.)

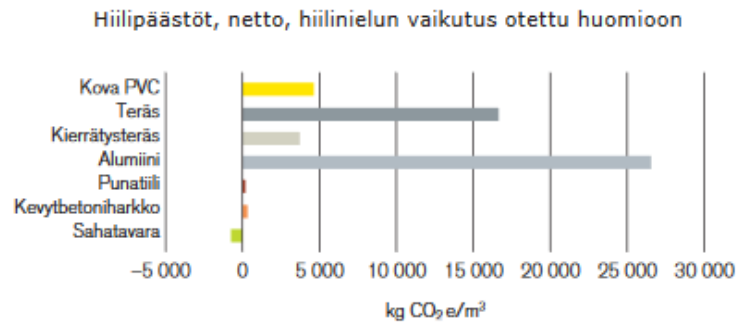
2 RAKENNUSMATERIAALIEN EKOLOGISUUS

Teollisuuden aloista rakentaminen kuluttaa Euroopassa eniten raaka-aineita, painon mukaan mitattuna noin puolet kaikesta. Tämän lisäksi jätteistä noin 40-50% tulee rakentamisesta ja rakennusten purkamisesta. Rakentamiseen käytetyt raaka-aineet ovat suurimmaksi osaksi uusiutumattomia. (Puuinfo.)

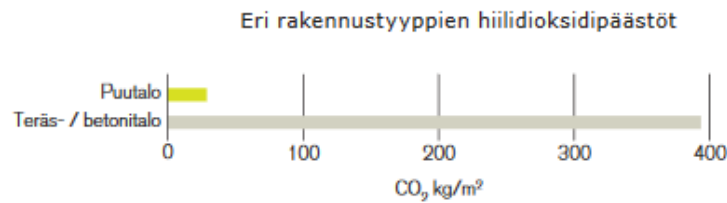
Rakentaminen ei tule loppumaan, vaan se kasvaa maailmanlaajuisesti, sillä väestö lisääntyy jatkuvasti, keskimäärin 100 miljoonalla ihmisellä vuosittain. Rakentamisen kasvuun vaikuttaa myös muuttovirrat ja arvioiden mukaan vuoteen 2050 mennessä miljardi ihmistä muuttaa maaseudulta kaupunkeihin. (Puuinfo.)

Rakentamisen ympäristöhaittoja ja luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää suosimalla uusiutuvia raaka-aineita ja materiaaleja sekä kehittämällä entistä keveämpiä rakenteita (Puuinfo).

Suomessa noin 39 prosenttia energiankulutuksesta ja 30 prosenttia hiilidioksidipäästöistä aiheutuu rakennusten käytöstä ja noin 5-12 prosenttia sekä energiankulutuksesta että hiilidioksidipäästöistä aiheutuu rakennustuotteiden ja rakennusmateriaalien valmistuksesta. Yli 90 prosenttia näistä päästöistä on pelkästään teräksen ja sementin valmistuksen aiheuttamia. Teräksen ja alumiinin hiilipäästöt ovat huomattavasti suuremmat kuin esimerkiksi tiilen, kevytbetoniharkon ja puun päästöt. (Kuvio 1.) Suomelle on asetettu tiettyjä ilmastotavoitteita ja näihin päästäkseen sementin ja teräksen käyttöä tulisi vähentää ja korvata materiaaleilla, jotka aiheuttavat vähemmän kasvihuonekaasuja. Kivitaloon verrattuna puusta rakennettu vastaava talo kuluttaa 5-6 prosenttia vähemmän energiaa. (Puuinfo.)



Kuvio 1. Eri materiaalien hiilidioksidipäästöt (Käytä puuta 2006, 34).



Kuvio 2. Eri materiaaleista rakennettujen talojen hiilidioksidipäästöjen erot (Käytä puuta 2006, 35).

2.1 Puu

Puu on rakennusmateriaalina yksi maailman vanhimmista ja eniten käytetyimmistä, mutta samalla myös tärkeä tekijä tulevaisuudessa. Se on rakennusmateriaaleista ainoa, joka uusiutuu täysin. Toisin kuin muiden rakennusmateriaalien kulutus, puun käytöllä on ilmastonmuutosta hidastava vaikutus. Puu on myös kestävä ja vastuullinen valinta, kun valitaan rakennuksen materiaaleja. Puurakennuksen rakenteisiin on varastoitunut hiilidioksidia jo puun kasvamisvaiheessa ja tämä hiilidioksidi on poissa ilmakehästä kuormittamasta ympäristöä. Uutta metsää kasvaa jatkuvasti auringon energian avulla sitoen samalla hiilidioksidia. (PRT-Pro.)

Kuutiometri uutta puuta sitoo itseensä noin 200 kilogrammaa ilmassa olevaa hiiltä (Nerkoon Höyläämö).

Puutalon kokonaishiilidioksidipäästöt ovat huomattavasti pienemmät verrattuna teräs- ja betonirakenteisiin taloihin. Kun otetaan huomioon sekä materiaaleista että rakentamisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt, ero on 370 kg/m². (Kuvio 2.) (Käytä puuta 2006.)

Arvioiden mukaan puurakenteiden keskimääräinen elinikä on 75 vuotta. Mitä pidempi elinaika on, sitä suuremmat ovat myös ympäristöhyödyt, sillä metsistä kaadetun puun käyttöikä pitenee. Näin ollen myös korvaavia tuotteita tarvitaan vähemmän ja niiden valmistamiseen kuluu vähemmän energiaa. Ilman hiilidioksidipitoisuus pienenee, kun puutuotteiden maailmanlaajuinen käyttö kasvaa ja käyttöaika pitenee. Täten puun käytön lisääminen onkin helppo keino ilmastonmuutoksen hidastamiseen. (Käytä puuta 2006.)

Tavanomaisista rakennusmateriaaleista puu syntyy kaikista pienimmällä energiamäärällä. Puun jalostus ja kuljettaminen kuluttaa useimmiten vähemmän energiaa kuin mitä puuhun yhteyttämisessä varastoituu. (Käytä puuta 2006.)

Puu on rakennusmateriaalina uusiutuva ja sillä voitaisiin monesti korvata muiden uusiutumattomien materiaalien käyttöä. Puutuotteet aiheuttavat valmistusvaiheessa erittäin vähän ympäristöhaittaa verrattuna teräkseen, betoniin ja tiileen. Puuta ei saada rakentamalla loppumaan, sillä etenkin Suomessa ja muualla Euroopassa metsissä kasvaa enemmän puuta kuin sitä kaadetaan. (Puuinfo.)

Puurakentamisessa energiaa säästyy koko rakennuksen elinkaaren ajan, sillä puulla on hyvä lämmöneristyskyky solurakenteensa ansiosta. Tässä suhteessa puun tehokkuus on 15-ertainen betoniin, 400-ertainen teräkseen ja jopa 1700-ertainen alumiiniin verrattuna. Puusta tulee entistä kilpailukykyisempi materiaali, sillä Euroopan rakennusmääräysten energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jatkuvasti. (Käytä puuta 2006.)

Puun etuna on myös sen paikallisuus, joten sitä ei tarvitse kuljettaa kaukaa. Se on myös kevyt materiaali, joten kuljetuskustannukset ovat suhteellisen pienet. Puun

työstettävyys on helppoa ja tämä vähentää energian määrää, jota rakentamisessa kuluu. Puurakentamisessa koneiden ei tarvitse olla yhtä järeitä kuin esimerkiksi betoni- ja teräsrakentamisessa. (Nerkoon Höyläämö.)

2.2 Betoni

Pääraaka-aineita betonin valmistuksessa on kolme: vesi, sementti ja kiviaines. Raaka-aineet betoniin saadaan maaperästä. Lähes joka paikassa on rajattomasti saatavilla sementin valmistukseen tarvittavaa kalkkikiveä sekä kiviainesta, joka soveltuu betonin valmistukseen. Harjukiviaineksia säästään osa kiviaineesta on kalliosta murskattua. (Betoni, [viitattu 22.2.2017].)

Betonin energiankulutusta ja päästöjä ajatellen sementti on isoimmassa roolissa. Sen valmistus ja kuljetus vaativat rutkasti energiaa (4500-5000 MJ/sementtitonni) ja aiheuttaa myös hiilidioksidipäästöjä (600-700 kg/sementtitonni). Osa hiilidioksidista palautuu takaisin betoniin kun rakennetta käytetään, sekä erityisesti kierrätysvaiheessa, kun betoni karbonatisoituu eli reagoi ilman hiilidioksidin kanssa. Tämä hieman kompensoi valmistuksen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Noin puolet hiilidioksidista, joka irtoaa kalkkikivestä sementtiä valmistettaessa, saadaan sitoutettua takaisin ilmakehästä. (Betoni, [viitattu 22.2.2017].)

Koko betonin valmistusprosessi raaka-aineet mukaanlukien kuluttaa energiaa alle 1 MJ/kg eli 0,28 kWh kiloa kohti (Parma Oy).

Betonin ominaisuuksia, kuten työstettävyyttä, säädellään lisäaineiden avulla ja nykyään lähes kaikki betoni sisältää lisäaineita. Betonin vaikutukset sisäilmaan ja ympäristöön voivat olla suuret, sillä betonikemikaalien käyttöä ei ole rajoitettu. Koska betonin lisäaineiden koostumukset ovat pitkälti tuotesalaisuuksia, on koko betonin koostumuksesta ja sen seosaineiden terveysvaikutuksista hankala saada tietoa. (Pulkkinen 2013, 12.)

Betonin lisäaineet voivat sisältää muun muassa metakrylaattihappoa, 1,4-dioksaania, etyleenioksidia, arseenia ja bisfenoli A:ta. Näiden kemikaalien käyttöä betonissa ei ole rajoitettu eikä valvota mitenkään. Arsenihapon muodossa esiintyvä arseeni on erityistä huolta aiheuttavien aineiden luettelossa, mutta senkin

käyttö on silti sallittua. Myös 1,4-dioksaani on haitallinen aine, sillä se on ihmiselle myrkyllistä, luonnossa hitaasti hajoavaa ja se voi saastuttaa pohjavesiä. Etyleenioksidi on luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi ja se saattaa aiheuttaa astmaa, hengenahdistusta ja huonoa oloa. Asiantuntijat ovat arvelleet lisäaineiden määrien olevan niin pieniä, ettei niillä ole juurikaan merkitystä. Ei voida kuitenkaa olla varmoja, että nämä aineet pysyvät betonin sisällä eivätkä pääse sieltä sisäilmaan. (Pulkinen 2013, 13.)

Rakennusvaiheessa syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat betonirakennuksessa suuremmat esimerkiksi puiseen rakennukseen verrattuna. Rakennuksen käyttövaiheessa tämä ero kuitenkin kuroutuu umpeen betonirakennuksen pitkän käyttöiän, hyvän energiatalouden ja hyvän kierrätettävyyden ansiosta. Vuonna 2013 järjestetyssä kilpailussa Suomen ilmastoystävällisimmästä kerrostalosta betonirakenteinen kerrostalo päihitti parhaan puukerrostalon elinkaaren hiilijalanjäljessä. (Betoni, [viitattu 23.2.2017].)

2.3 Teräs

Terästä tuotetaan maailmanlaajuisesti noin 1100 miljoonaa tonnia joka vuosi. Tästä määrästä ruostumatonta terästä on noin 24 miljoonaa tonnia. Noin puolet teräksen raaka-aineesta on kierrätysromua, Suomessa teräsromun osuus kattaa noin 40 prosenttia tuotannosta. Ruostumattoman teräksen osalta romun osuus on 60 prosenttia niin Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin. (Väisänen 2007, 33.)

Teräksen valmistukseen kuluu energiaa noin 5500 kWh tonnia kohden. Malmista tehtävään teräkseen verrattuna kierrätysteräksen valmistus kuluttaa vain viidesosan energiaa. (Väisänen 2007, 33.)

Teräs on kestävä materiaali ja täten sen käyttöikä on pitkä. Valmiina teräsrakenne ei kuormita ympäristöä, vaan sen suurimmat ympäristövaikutukset tulevat terästehtaissa eli aivan tuotannon alkupäässä. Teräksen tuotannossa masuuniprosessi on se vaihe, jossa hiilidioksidipäästöt syntyvät, eikä sille ole olemassa korvaavaa menetelmää. (Väisänen 2007, 33.) Myös terästehtaiden rikkipäästöt ovat korkeat (Ukkola 2004, 228).

Tärkeimpiä päästöjä, joita terästeollisuudessa on pyrittävä vähentämään, ovat hiilidoksidin lisäksi typen ja rikin oksidit, hiilivedyt ja raskasmetallit sekä pölypäästöt, jotka syntyvät tuotannossa. Terästeollisuus kuormittaa myös vesistöjä öljyillä ja kiintoaineilla. (Ukkola 2004, 228.) Suomessa päästöjä on pyritty vähentämään muun muassa puhdistus- ja kierrätysprosesseilla sekä tehtaiden toimintaa tehostamalla (Väisänen 2007, 33). Ilmastopäästöjä on vähennetty erilaisilla suodattimilla, tuotantomenetelmistä on kehitelty puhtaampia ja energiankäytön tehokkuutta lisäämällä on hiilidioksidipäästöjä saatu vähennettyä (Ukkola 2004, 228).

Kuljetuksista tulevat päästöt riippuvat teräsosien painosta ja valmiusasteesta. Kevyiden ja mahdollisimman valmiiksi tuotettujen teräsosien kuljetus ja käyttö on tehokkaampaa kuin painavien osien. Teräsosat ovat yleensä keveitä verrattuna esimerkiksi betoniin. Liikennepäästöjä voidaan vähentää myös sillä, että hankitaan raaka-aineet niin läheltä kuin mahdollista. (Väisänen 2007, 33.)

Ruostumaton teräs. Ruostumaton teräs kestää korroosiota ja se on sekä vahva että lähes 100- prosenttisesti kierrätettävä materiaali. Uudelleen käsittelyssä sen laatu ei heikkene ja uuden ruostumattoman teräksen tuotannossa voidaan käyttää eri raaka-aineiden ainesosia kuten kromia, nikkeliä ja rautaa yhä uudelleen ja uudelleen. (Outokumpu.)

Ruostumattomasta teräksestä valmistetuista tuotteista vapautuu vain hieman metalli-ioneita, eikä ympäristöä kuormittavia käsittelyjä, kuten maalausta ja pinnoitusta, tarvita. Haitalliset ympäristövaikutukset valmiilla tuotteilla ovat minimaaliset ja korroosionkestävyyden ansiosta tuotteen elinkaari on pidempi. Resursseja säästyy, kun tuote kestää kauemman eikä korjauksia tarvita turhan usein. (Outokumpu.)

2.4 Tiili

Savi on tiilen pääraaka-aine ja sen otto tapahtuu viranomaisten myöntämien lupien mukaisesti. Yleensä savi pyritään ottamaan tehtaan läheltä kesantopelloilta, joten suurilta kuljetusmatkoilta säästytään. Savenottoalueet maisemoidaan käytön jälkeen. (Tiili-info 2017.) Raaka-aineen hankinnasta aiheutuukin ympäristövaikutuksia lähes pelkästään savenottoalueille, jotka voidaan yleensä ottaa uudelleen käyttöön, sillä savea nostetaan yleensä enintään 1,5 metrin syvyydestä (Tiileri 2001, 1).

Tiiliteollisuus kuluttaa savi- ja hiekkavarantoja niin pieniä määriä, että kokonaisvaikutukset ympäristölle jäävät minimiin (Tiileri 2001, 2).

Tiilen valmistus, etenkin tiilen polttaminen, kuluttaa energiaa. Poltetuissa tiilissä uusiutumaton energiasisältö vaihtelee 2,2 ja 4 MJ välillä kiloa kohti, uusiutuva energiasisältö taas on noin 0,5 MJ kiloa kohti. (Tiili-info 2017.) Valmistusprosessissa energiaa pyritään käyttämään tehokkaasti, kuten hyödyntämällä tiiliuunin jäähdytysvyöhykkeeltä saatavaa energiaa tiilien kuivauksessa ja käyttämällä kuivausvaiheen poistoilmaa kuivaamon tuloilman esilämmittämiseen (Tiileri 2001, 2).

Valmistusvaiheen primäärienergiankulutus on tyypillisesti 0,7 kWh tiilikiloa kohden, joka on melko kilpailukykyinen arvo muihin rakennusmateriaaleihin verrattessa (Tiileri 2001, 2).

Tiilen kuivauksen ja polton yhteydessä käytettävästä energiasta aiheutuu hiilidioksidipäästöjä sekä pieniä määriä rikkidioksidia ja oksidanttipäästöjä. Poltettujen tiilien valmistukseen käytetään luonnonmateriaaleja, kuten savea, hiekkaa, kalkkia ja sahanpurua, eivätkä tiilet sisällä haitallisia aineita, jotka voisivat haihtua tai liueta ympäristöön. (Tiili-info 2017.)

Tiilien kuljetukset pyritään suunnittelemaan tehokkaasti, jotta ympäristörasitukset olisivat mahdollisimman vähäiset. Tiilet pyritään toimittamaan kokonaistoimituksina suoraan tehtaalta rakennuskohteelle kuljetusten määrän minimoimiseksi. Kuljetuksessa myös pyritään käyttämään täysiä autokuormia ja hyödyntämään meno-paluu- kuljetuksia. (Tiileri 2001, 2.)

Tiilien raaka-aineena voidaan käyttää hyväksi muiden teollisuusalojen sivutuotteita, kuten masuunikuonaa ja keramiikkateollisuuden jäännöstuotteet. Näin vähennetään luonnosta saatavien raaka-aineiden tarvetta. (Tiileri 2001, 2.)

Tiilirakenteen kestoikä voi olla satoja vuosia, jos käytetyt materiaalit ovat kunnollisia ja kohde on hyvin suunniteltu. Tiilirakenteet eivät yleensä kaipaa kunnossapitoa tai korjausta. Massiiviset tiilirakenteet mahdollistavat ilmaisenergiavirtoja, joita syntyy muun muassa ihmisistä, sähkölaitteista ja auringon energiasta. Näiden hyödyntäminen parantaa tiilen ekologisuutta. (Tiileri 2001, 2.)

2.5 Bitumi

Bitumi on pohjatuote, joka syntyy kun raakaöljyä tislataan. Se on rakennusaine, jolla on monia eri käyttötarkoituksia esimerkiksi tienrakennuksessa ja teollisessa tuotannossa. (Nynas AB 2012.)

Bitumia itsessään ei ole luokiteltu ympäristölle haitalliseksi. Se luokitellaan hiilivedyksi ja UVCB- aineeksi eli sen koostumus on tuntematon tai vaihteleva ja se on monimutkainen reaktiotuote tai biologinen materiaali. Se ei aiheuta pitkäaikaista vaaraa vedelle tai maaperälle ja sen liukoisuus veteen on erittäin pieni. (Nynas AB 2012.)

Bitumituotteet sisältävät myös ympäristölle haitallisia ainesosia, kuten liuottimia. Osa bitumiseoksista on haitallisia tai myrkyllisiä vesiorganismeille, mutta tämä riippuu käytetyistä raaka-aineista sekä lisäaineista ja niiden määrästä. (Nynas AB 2012.)

Tavallisissa lämpötiloissa bitumi ei aiheuta päästöjä ilmakehään. Korkeammassa lämpötiloissa käytettäessä ja varastoitaessa syntyy pääasiassa hiilivetyemissioita. Mitä korkeammaksi lämpötila nousee, sitä enemmän emissioita syntyy. (Nynas AB 2012.)

2.6 Rakennuseristeet

Rakennuseristeitä valmistetaan lukuisista eri materiaaleista ja täten niillä on erilaisia ominaisuuksia ja käyttökohteita, joihin ne soveltuvat. Yleisimpiä lämpöeristeitä ovat mineraalivillat, puukuitueristeet sekä polystyreeni- ja polyuretaanieristeet. Näiden energiasisällöt ja päästöt vaihtelevat huomattavasti. Energiasisällöltään polyuretaani on suurin, kun taas kivivilla pienin. Puukuitueristeet sisältävät eniten uusiomateriaalia ja aiheuttavat vähiten päästöjä, kun taas polyuretaani aiheuttaa päästöjä eniten, muttei sisällä lainkaan uusiomateriaalia. (Kuvio 3.)

2.6.1 Mineraalivillaeristeet

Mineraalivilloista yleisimpiä ovat lasi- ja kivivillat. Muita mineraalivilloja ovat masuunikuonasta valmistettava kuonavilla sekä kivi- ja kuonavillan välimuoto, silikaattivilla. (RT 36-10689 1999, 1.)

Lasivillan raaka-aineita ovat kvartsihiekkä, sooda ja kalkkikivi, kun taas kivivillan raaka-aineena käytetään kotimaista kiveä. Nämä raaka-aineet, kuten myös sideaineena käytetyn muovin raaka-aine öljy, ovat uusiutumattomia luonnonvaroja. Lasivillan valmistukseen käytettävästä kuituraaka-aineesta 60 % korvataan kierrätyslasilla, joka parantaa materiaalin ekologisia ominaisuuksia. (RT 36-10689 1999, 4.)

2.6.2 Puukuitueristeet

Puukuitueristeet valmistetaan orgaanisista kuiduista. Eristeen raaka-aineina voidaan käyttää esimerkiksi selluloosaa, puuhioketta tai sanomalehtikeräyspaperia. Etenkin puuhioke sivutuotteena sekä sanomalehtikeräyspaperi ovat hyviä raaka-aineita ympäristöystävällisyyden kannalta. (RT 36-11090 2012, 1.)

Puukuitueristeisiin varastoituu hiiltä koko niiden käyttöajan ajan. Eristeen valmistuksesta syntyvät hiilidioksidipäästöt ovatkin pienemmät kuin mitä eriste pystyy itseensä varastoimaan. Lämmöneristys myös vähentää rakennuksen käytön

aikaista lämmitysenergian tarvetta, joka on eristeen valmistukseen käytettävään energiaan nähden moninkertainen. (RT 36-11090 2012, 3.)

2.6.3 EPS-eristeet

EPS-eriste on paisutettua kestumuovia, polystyreeniä. Sen ominaisuuksia ovat kestävyys ja lämmöneristävyys, joiden vuoksi se on suosittu materiaali rakentamisessa. Levyjen tilavuudesta muovin raaka-aineosuus on 2-5 prosenttia. (Styroplast.)

EPS-eristeet ovat täysin kierrätettäviä ja ympäristöystävällisiä tuotteita. Eristeen raaka-aineena käytetään uusiutumaton luonnonvaraa, öljyä, mutta sen osuus valmiin tuotteen tilavuudesta on vain 2 %. Loppuosuus tilavuudesta on ilmaa, joka toimii eristeenä. Lämmöneristeen valmistukseen kuluu energiaa, mutta rakennuksen käyttövaiheen lämmitysenergiaa säästyy eristeen ansiosta moninkertaisesti valmistuksen energiankulutukseen verrattuna. (Hoikkala, 707.)

2.6.4 Polyuretaanieristeet

Polyuretaanieriste eli PU-eriste on solumuovieriste, jonka pääraaka-aineet ovat isosyanaatti, polyoli ja ponneaine. Eristeessä käytetään lisänä erilaisia apuaineita, joilla sen ominaisuuksia pystytään muuntelemaan. (PU-eristeet, [Viitattu 20.3.2017].)

PU-eriste on ympäristöystävällinen valinta, sillä se säästää energiaa noin 100 kertaa enemmän kuin mitä sen valmistamiseen kuluu. Rakennuksen tullessa elinkaarensa päähän voidaan PU-eristeet joko kierrättää tai polttaa energiaksi. Koska PU-eristeet ovat kevyitä, niiden kuljetuksista aiheutuvat ympäristöpäästöt pysyvät kohtuullisina. (PU-eristeet, [Viitattu 18.3.2017].)

	Mineraalivillaeriste		Puukuitueriste ²	Solumuovieriste	
	Lasivilla ¹	Vuorivilla ²		Polystyreeni, EPS ³	Polyuretaani ⁴
Odotettavissa oleva käyttöikä	50...100 vuotta	50...100 vuotta	50...100 vuotta	50...100 vuotta	50...100 vuotta
Energiasisältö					
• uusiutumaton	31 MJ/kg	17 MJ/kg	3,7...4,7 MJ/kg	80...90 MJ/kg (sisältää tuotteen oman energiasisällön 40...45 MJ/kg)	116 MJ/kg (sisältää tuotteen oman energiasisällön 38 MJ/kg)
• uusiutuva	4,2 MJ/kg	2,8 MJ/kg (sisältää tuotteen oman energiasisällön)	18 MJ/kg (sisältää tuotteen oman energiasisällön)	2,28 MJ/kg	1,9 MJ/kg
Sekundääri- tai uusiomateriaalisisältö (% raaka-aineesta)	60 %	0 %	80 %	5...70 %	0 %
Päästöt					
• ilmaston lämpenemispotentiaali	1500 g CO ₂ /kg	1600 g CO ₂ /kg	260...310 g CO ₂ /kg	2400 g CO ₂ /kg	5400 g CO ₂ /kg
• happamoitumispotentiaali	9,2 g SO ₂ /kg	8,2 g SO ₂ /kg	3,0...3,3 g SO ₂ /kg	11 g SO ₂ /kg	36 g SO ₂ /kg
• oksidanttien muodostumis- potentiaali	0,61 g eteeni/kg	0,37 g eteeni/kg	0,05...0,1 g eteeni/kg	88 g eteeni/kg	5,9 g eteeni/kg

Kuvio 3. Yleisimpien lämmöneristeiden ympäristöominaisuuksia (RT 36-10689, 6).

3 KIERTOTALOUS

Kiertotalouden tarkoituksena on käyttää luonnonvaroja kestävästi ja järkevästi. Tuotteet suunnitellaan niin, että ne voidaan joko käyttää uudelleen tai kierrättää uusien tuotteiden raaka-aineina. Rakennuksille pyritään takaamaan mahdollisimman pitkä elinkaari hyvällä suunnittelulla, rakentamisella ja huoltamisella. (Hannula 2016.)

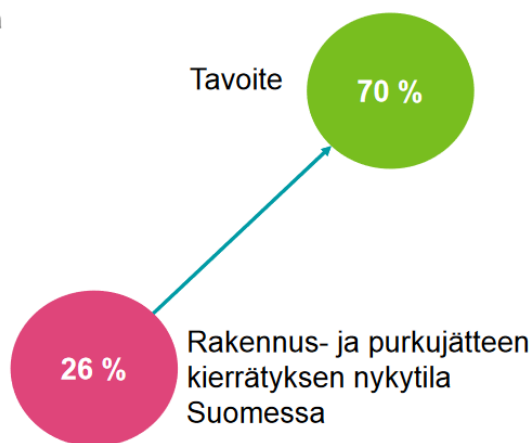
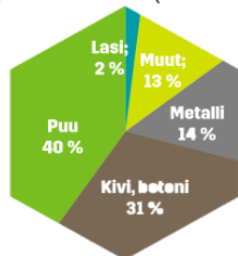
Kiertotalous ei ole pelkästään syntyneen jätteen kierrättämistä, vaan enemmänkin talousmalli, jossa tuotanto ja käyttö suunnitellaan niin, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän. Kiertotaloudessa materiaalit ja niiden arvo pyritään säilyttämään ja jätteen määrä minimoimaan. (Krabbe.)

Materiaalikierrätyksen kehittämiseksi on Suomessa paljon mahdollisuuksia. Materiaalien hyödyntäminen on järkevää niin työllisyyden, ympäristön kuin ilmastonkin kannalta. Vaihtoehtoisten materiaalien käyttäminen tulee olemaan lähes välttämätöntä raaka-aineiden hintojen noustessa. Kiertotalous onkin suuri mahdollisuus uuden liiketoiminnan luomiseen, mutta myös keino varmistaa raaka-aineiden saatavuus ja valmistuskustannusten pysyminen maltillisina. (Sitaatti 2017.)

Tavoitteena on, että Suomessa kierrätyksestä ja materiaalien uusiokäytöstä tehtäisiin kannattavaa, ja että jätteistä ja tuotantoprosessien sivuvirroista tulisi yleisesti käytössä olevia raaka-aineita. Myös markkinat tulisi saada toimiviksi. (Sitaatti 2017.)

Kiertotaloudelle on olemassa käytännön askelia, joita on pyrittävä toteuttamaan. Lainsäädännön ja toimeenpanon tulisi pyrkiä toteuttamaan jätehuollon etusijaisjärjestystä ja ottaa huomioon sekä ympäristö- että kustannustehokkuus. Uusiutuvia raaka-aineita sekä jätteitä tulisi käyttää uusiutumattomien sijaan. Rakentamisessa tulisi alueellisesti pyrkiä hyödyntämään esimerkiksi maamassoja ja sivuvirtoja. Myös lainsäädäntöä, joka estää ja rajoittaa kierrätysmarkkinoiden kehittymistä, tulisi purkaa. Koko maassa tulisi pyrkiä yhtenäiseen jätelainsäädäntöön, sen toimeenpanoon ja valvontaan. (Sitaatti 2017.)

Rakennus- ja purkujätettä syntyy vuodessa yli 2 miljoonaa tonnia (ilman maamassoja)



Kuvio 4. Rakennusjätteiden osuudet ja rakennusjätteen kierrätysosuuden tavoite (Hannula 2016).

Euroopan unioni antoi vuonna 2008 jätedirektiivin, joka velvoittaa jäsenvaltioitaan tehostamaan jätteiden kierrätystä. Suomessa tavoitteena on kierrättää 70 prosenttia rakennusjätteen materiaalista muutoin kuin energiaksi vuoteen 2020 mennessä. (Kuvio 4.) (Vuorinen 2017.)

Korjaus- ja purkurakentaminen on kasvussa. Korjausrakentaminen, jossa jätemäärät ovat suuria, on jo ohittamassa uudisrakentamisen, jossa jätteen määrä jää huomattavasti pienemmäksi. Jätteiden kierrätys, uusiokäyttö ja sivuvirtojen hyödyntäminen tuleekin olemaan tulevaisuudessa entistä tärkeämpää ja arkipäiväisempää. Osa rakennusjätteistä pystytään jo nyt hyödyntämään tehokkaasti, mutta osa vaatii vielä kehittelyä. Infrarakentaminen on kenties merkittävin ala, jossa hyödyntämistä tarvitaan ja sitä tulisi kehittää entisestään. (Vuorinen 2017.)

Pelkkä lainsäädäntö ei edesauta kiertotalouden kehittymiseen, vaan tarvitaan myös liikumatilaa sekä jäteluokitusten että yksittäisten tavoitteiden soveltamisessa. Liikumatilaa tarvitaan sellaisten jätteiden osalta, joiden hyödyntäminen on järkevää niin ympäristöä kuin taloudellisuutta ajatellen, ja jotka eivät aiheuta merkittävää haittaa ympäristölle tai terveydelle. On myös hyväksyttävä se, ettei kaikkea jätettä pystytä hyödyntämään. (Vuorinen 2017.)

Tehokkainta on lajitella rakenusjäte jätemateriaaleittain jo työmailla. Jos jätemateriaalia syntyy suurempia määriä, kannattaa esimerkiksi puu, metalli, betoni- ja muu kiviaines, eristevilla, ikkunalasi ja kipsilevy lajitella omiin keräysvälineisiin. (Hannula 2016.)

4 KIERRÄTETTYJEN RAKENNUSMATERIAALIEN UUSIOKÄYTTÖ

4.1 Puu

Puu on raaka-aineena monipuolinen ja uusiutuva. Puu ja puupohjaiset tuotteet voidaan ensimmäisen elinkaarensa jälkeen käyttää uudelleen, kierrättää tai käyttää energianlähteenä. Tässä järjestyksessä käytettynä syntyy pitkä kierto ja saadaan suurin hyöty hiilen pidemmästä varastoimisajasta. Näin vältetään myös fossiilisista luonnonvaroista tuotettujen vaihtoehtoisten materiaalien valmistamiselta. (Käytä puuta 2006, 49.)

Puuta käytetään Euroopassa vuositasolla arviolta 160 miljoonaa tonnia, kun IVY-maiden kulutusta ei ole otettu huomioon. Kierrätykseen tästä määrästä päätyy 15 miljoonaa tonnia. Tämän määrän ennustetaan kasvavan merkittävästi, sillä lainsäädäntö tulee vaikeuttamaan ja kieltämään jättepuun vientiä kaatopaikoille. (Käytä puuta 2006, 49.)

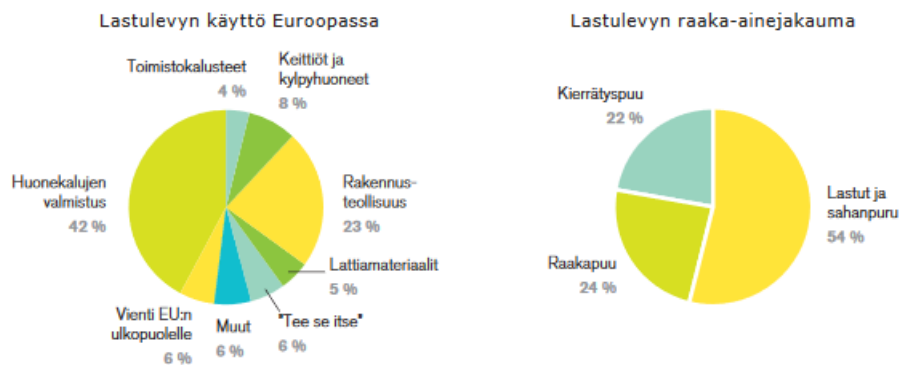
Puutuotteiden valmistuksessa syntyy vain vähän jätettä, sillä melkein kaikki sivutuotteet voidaan hyödyntää joko raaka-aineiksi tai energiaksi. Sahatavaran valmistuksessa syntyy tasauspätkiä, haketta ja sahanpurua, jotka voidaan saman tien käyttää energian ja lämmön tuottamiseen. (Käytä puuta 2006, 49.)

Puurakenteiden elinikä riippuu olosuhteista, kuten ilmastosta, mutta myös paikallisista käytännöistä. Rakennusmateriaalina sellaisenaan tai uudelleen työstettynä voidaan uusiokäyttää esimerkiksi puupalkit, puiset paneelit ja puulattiat. Uudelleen käytettynä ne vähentävät uuden puun tai muiden ympäristölle haitallisempien rakennusmateriaalien käyttötarvetta. (Käytä puuta 2006, 50.)

Puun jalostamisessa syntyy sivutuotteita, kuten hakkuutähteitä, sahanpurua ja lastuja. Nämä voidaan hyödyntää esimerkiksi lastulevyn ja muiden levytuotteiden valmistuksessa. (Käytä puuta 2006, 52.)

Puulevyjen tuotannossa kierrätyspuun osuus on jatkuvasti kasvussa. Esimerkiksi lastulevyjen valmistuksessa sahauksen sivutuotteiden osuus on yli 75 prosenttia, kun vuonna 1970 se oli vain kolmannes. (Kuvio 5.) Eteläeuroopassa muutamat

valmistajat käyttävät pelkästään sahojen sivutuotteita ja kierrätyspuuta, sillä raakapuun saatavuus on huonoa. On ennustettu, että lähivuosikymmeninä puupohjaisten levyjen tuotanto ja kierrätyspuun käyttö tulevat kasvamaan. (Käytä puuta 2006, 52.)



Kuvio 5. Lastulevyn käyttö Euroopassa ja lastulevyn raaka-ainejakauma (Käytä puuta 2006, 52).

Kierrätyspuun käyttö rakentamisen materiaalina on vähäistä, sillä sitä rajoittaa muun muassa lainsäädäntö ja hinta. Rakennuksen kantavissa rakenteissa kierrätyspuuta ei voida hyödyntää lujuusluokituksen puuttumisen vuoksi. Vaikka luokitus voitaisiinkin hankkia, se tulisi kalliiksi eikä näin ollen ole kannattavaa. Kierrätyspuun tekee kalliiksi myös sen talteenottoon vaadittava käsityön määrä. Toisarvoisiin kohteisiin, kuten sisustukseen, sekä lattioihin ja sisäverhouksiin kierrätyspuuta voidaan hyödyntää, sillä tällaisissa kohteissa lujuusluokituksia ei vaadita. Tässä pätee kuitenkin kysynnän ja tarjonnan laki, eikä toiminta näin ollen ole suurta. Etelä-Suomen suurimmissa kaupungeissa on rakennusmateriaaleja kierrättäviä kaupallisia yrityksiä, mutta muualla toimintaa on lähinnä ei-kaupallisilla toimijoilla. (Pirhonen, Herjälä, Saukkola, Rätty & Verkasalo 2011.)

Puun käyttö energiana. Puun kierron viimeinen vaihe on sen käyttö energianlähteenä. Puun päätyminen kaatopaikalle vältetään käyttämällä se

hiilineutraaliksi puuenergiaksi korvaamaan fossiilisia polttoaineita. Puun polttaminen ei edistä kasvihuoneilmiötä eikä ilmaston lämpenemistä, sillä polttamisessa ilmakehään palaa vain hiilidioksidi, joka on sitoutunut puuhun sen kasvamisvaiheessa. (Käytä puuta 2006, 54.)

Puuenergiassa on vain hieman rikkiä ja typpeä, jotka aiheuttavat happosateita, eikä siitä synny juurikaan tuhkaa. Näin ollen puuenergiaa voidaan sanoa puhtaaksi vaihtoehdoksi. Palamiskaasuissa voi mahdollisesti esiintyä epäpuhtauksia, jotka voidaan kuitenkin poistaa ja näin ollen estää niiden pääsy ilmakehään. Monissa suurissa voimalaitoksissa on varusteina tehokkaita kaasunpuhdistusjärjestelmiä, jotka soveltuvat tähän tarkoitukseen. Puuenergia myös alentaa kustannuksia, joita kaatopaikkasijoituksessa ja jätteenkäsittelyssä syntyisi. (Käytä puuta 2006, 54.)

Puuenergian syntylähteitä on useita, esimerkiksi metsähake, sahaus- ja höyläysjäte, huonekaluteollisuuden sivutuotteet ja kuluttajatuotteet, jotka on poistettu käytöstä (Käytä puuta 2006, 54).

4.2 Betoni

Betonin kierrätys on kasvanut viime vuosikymmeninä. Betoni voidaan murskata hienoksi murskeeksi, jota voidaan käyttää muun muassa maanrakentamisessa. Asuinrakentamisessa betonimursketta ei voida hyödyntää, sillä laki kieltää sen. (Rudus.) Jopa yli 80 prosenttia käyttöikänsä päähän tulleista betonirakenteista voidaan kierrättää (Betoni, [viitattu 23.2.2017]).

Maanrakentamisessa betonimurskeella voidaan korvata soraa ja kalliomursketta. Betonimurske on luonnonkiviainesta kevyempää ja sillä on parempi kantavuus lujittumisensa ansiosta. Kuitenkin vain prosentti maanrakentamisessa käytetystä kiviaineksestä tulee purkubetonista, eikä purkubetonin määrä riitä korvaamaan kaikkea kiviainesta. (Parma Oy.)

Murskattu betoni soveltuu myös uuden betonin raaka-aineeksi. Betonin ominaisuudet eivät poikkea merkittävästi luonnonkiviaineksestä valmistettuun

betoniin verrattuna, jos murskatun betonin osuus pysyy alle 20 prosentissa. Tällaisen uusiorunkoainebetonin valmistukseen tarvitaan kuitenkin enemmän sementtiä tavanomaiseen betoniin verrattuna, ja juuri sementin valmistus on betonin valmistusprosessissa eniten energiaa kuluttava ja kasvihuonepäästöjä aiheuttava prosessi. Uusiorunkoainesbetonilla onkin huonompi hiilijalanjälki kuin tavanomaisella betonilla. Sen valmistus ei säästä energiaa, mutta vähentää kuitenkin jätettä ja säästää soraharjuja. (Parma Oy.)

Rudus on kehittänyt tuotteen nimeltä Betoroc, joka on betonin ja tiilen kierrätyksen lopputuote. Se korvaa luonnonkiven sekä teknisesti toimivasti että kustannustehokkaasti. Parhaiten Betoroc soveltuu sora- ja kalliomurskeiden korvaajaksi esimerkiksi katu-, tie- ja kenttärakenteiden kantavissa ja jakavissa kerroksissa. (Rudus.)

4.3 Teräs

Teräkselle on olemassa Suomessa kierrätysjärjestelmä, jonka avulla melkein kaikki käytöstä poistettu teräs voidaan kierrättää. Teräs voidaan sulattaa ja täten käyttää uudelleen lähes rajattoman monta kertaa. (Väisänen 2007, 33.) Teräs onkin maailman kierrätetyin materiaali ja Suomessakin terästeollisuus käyttää kierrätysterästä vuositasolla 2 miljoonaa tonnia (Teknologiateollisuus & Metallinjalostajat 2009, 18).

Teräksellä on rakennusmateriaalina pitkä käyttöikä, mikä hidastaa sen päätymistä kierrätettäväksi. Siksi myös malmipohjaista terästä tarvitaan, sillä kierrätysterästä ei ole tarpeeksi saatavilla. Pitkän käyttöiän hyötyjä ovat kuitenkin muiden materiaalien ja energian säästäminen. (Teräsrakenneyhdistys.)

Terästehtaissa syntyy kuonaa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi maa- ja tierakentamisessa, maanparannusaineena sekä betoniteollisuudessa (Väisänen 2007, 33). Kuonasta kehiteltyjen tuotteiden käyttö on niin suurta, että granuloidun masuunikuonan kysyntä on välillä suurempaa kuin tarjonta. Jalostamalla kuonaa uudeksi tuotteeksi vähennetään pöly- ja rikkipäästöjä ilmaan sekä vesistöille aiheutuvaa kiintoaineista syntyvää kuormitusta. Kuonan käyttö

maanparannusaineena ja sementtiteollisuudessa puolestaan säästää uusiutumattomia luonnonvaroja. Koska kuonatuotteiden raskasmetallipitoisuudet ovat alhaiset, niitä voidaan käyttää myös luomuviljelyssä. (Ukkola 2004, 232-233.)

Koksikaasun eli vedyn, metaanin, hiilimonoksidin ja typen seoksen, puhdistuksessa syntyy aineita, joita myydään kemian teollisuudelle. Masuuni- ja koksikaasuja voidaan myös hyötykäyttää polttoaineena tehtaissa. Syntyvää jätelämpöä voidaan käyttää lähialueen kaukolämpönä. (Väisänen 2007, 33.)

4.4 Tiili

Poltettua tiiltä voidaan kierrättää ja uusiokäyttää monella eri tavalla. Vanhoista, purettavista rakennuksista saatavia tiiliä voidaan puhdistaa ja käyttää sellaisenaan uudelleen muuraukseen. (Tiili-info 2017.) Reikätiiliä ei voida sellaisenaan uudelleenkäyttää (Oulun seudun ympäristötiimi 2010, 3).

Vanhoista tiilistä voidaan myös tehdä mursketta, jolla voidaan korvata osa tiilien raaka-aineista. Myös kelvottomat tai pilaantuneet tiilet murskataan ja murskeella korvataan sekä savimassaa että hiekkaa. (Tiili-info 2017.)

Tiili soveltuu myös maantäyttöaineeksi sekä pintamassaksi esimerkiksi tennis- ja urheilukentille (Tiili-info 2017). Tiilimursketta ei kuitenkaan voida sijoittaa yhtä lähelle maanpintaa kuin betonimursketta, sillä sen kestävyys on heikompi (Oulun seudun ympäristötiimi 2010, 3).

4.5 Bitumihuopa

Bitumihuovan kierrätys on suhteellisen uusi asia Suomessa, sillä ensimmäinen kattuhuovan ja purkubitumin kierrätyslaitos rakennettiin Lahteen Kujalan jätekeskukseen vuonna 2014. Tämä laitos jalostaa kierrätysbitumimateriaalit uusioraaka-aineeksi, joka korvaa asfaltin valmistuksessa käytettävää bitumia, joka on asfalttimassan suurin kustannustekijä. (Ladec 2014.)

Eri arvioiden mukaan kattohuopajätettä syntyy vuosittain 13-18 tuhatta tonnia (Lähdetluoma 2014). Perinteisesti bitumia on hävitetty polttamalla, viety kaatopaikoille tai jalostettu kierrätyspolttoaineen sekaan. Kattohuopajäte on kuitenkin lähes 100-prosenttisesti kierrätettävä raaka-aine, joten materiaalin hyötykäyttö on kannattavaa. Sen kierrätys vähentää sekä raakaöljyn tuontitarvetta että hiilidioksidipäästöjä, joita tuotteen ja jätteen elinkaaren aikana syntyy. Kattohuovan uusiokäytöllä saavutetaan kustannushyötyjä, säästetään uusiutumattomia luonnonvaroja sekä vähennetään kaatopaikoille ja poltettavaksi päätyvän jätteen määrää. (Ladec 2014.) Jos vuosittainen 18 tuhatta tonnia bitumihuopaa kierrätetään polttamisen sijaan, tuotteen elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt vähenevät 30 miljoonalla kilolla (Mäntyranta 2015).

Bitumihuopajätteen lajitteluun kelpaa bitumikattohuoparullat ja bitumiset singelisorakatot. Myös nauvoja saa olla mukana eikä palakoolla ole rajoituksia. Asbestipitoista huopaa ei lajitteluun huolita, kuten ei myöskään epäpuhtauksia, kuten puuta, metallia, peltiä, kumia, muovia tai alumiinipaperia sisältävää huopaa. (Hannula 2016.)

4.6 Rakennuseristeet

Vanhat eristeet ja maa-ainekset voidaan poistaa rakennuksista suurtehoimuroinnin avulla. Toimenpide on tehokas ja pölytön. Suurtehoimuroinnille on tarvetta esimerkiksi silloin, kun halutaan tehostaa lämmöneristystä tai vanhat eristeet ovat epäpuhtaita. Imurit ovat hyvin tehokkaita ja niillä voidaankin poistaa sekä nestemäisiä että kuivia materiaaleja. Imureiden säiliöt ovat tilavuudeltaan 20-30 kuution kokoisia, joten säiliötä ei tarvitse tyhjentää turhan usein. Jättemateriaalit voidaan kuljettaa säiliöissä loppukäsittelypaikalle, joten erillisille roskalavoille ei ole tarvetta. (Uutiskeskus 2014.)

Puhtaat puhallusvillat, kuten lasi-, puukuitu- ja kivivillat, voidaan kierrättää imuroimalla ja puhaltamalla takaisin samaan tai eri rakennukseen. Imuroitu maa-aines voidaan puolestaan hyödyntää maanrakennuksessa ja palavat eristeet voidaan joko polttaa tai kompostoida. (Uutiskeskus 2014.)

4.6.1 Mineraalivillaeristeet

Suomessa toimiva Eko-Expert on kehittänyt maailman ensimmäisen mineraalivillojen kierrätysmenetelmän nimeltä eko-collect®. Kyseinen yritys toimittaa työmaalle kontin, johon ylijäämävillat voidaan laittaa, ja noutaa kontin sen ollessa täysi. Käytetystä villasta valmistetaan puhallusvillaa, jota voidaan uudelleenkäyttää eristeenä rakennuksissa. (Eko-Expert.)

4.6.2 Puukuitueristeet

Puukuituiset eristyslevyt voidaan kierrättää joko kuiduttamalla ne uusien levyjen raaka-aineeksi tai puhallettavaksi puukuitueristeeksi. Puhalletut puukuitueristeet voidaan hyödyntää sellaisenaan uudestaan lämmöneristeeksi. Puukuitueristeitä voidaan myös laimentaa, minkä jälkeen ne soveltuvat maanparannusaineeksi. (RT 36-11090 2012, 3.)

4.6.3 EPS- eristeet

EPS- eristeet voidaan joko käyttää uudelleen tai niistä voidaan murskata raetta, jota voidaan kierrättää takaisin uusien eristeiden valmistukseen. Rakeita voidaan käyttää myös muurausharkkojen, kevytbetonin ja kevyttiilien valmistuksessa. Valvotuissa olosuhteissa EPS-eristeet voidaan myös polttaa ilman haitallisia päästöjä ja täten hyödyntää niiden sisältämä energia. (Hoikkala, 707.)

4.6.4 Polyuretaanieristeet

Polyuretaanista valmistetut eristeet kestävät yleensä koko rakennuksen käyttöajan. Kun rakennus puretaan, voidaan polyuretaanieristeet kierrättää. (PU nordic,14.)

Eristyslevyt, edellyttäen että ne ovat ehjiä ja puhtaita, voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi rakennusten ullakoiden ja yläpohjien eristämiseen. Muu puhdas

polyuretaanijäte voidaan murskata ja puristaa kierrätetyiksi polyuretaanilevyiksi. Nämä levyt ovat lastulevyn kaltaisia ja niille on olemassa omat erityiskäyttökohteensa, kuten esimerkiksi lisäkosteuseristystä vaativat lattiarakenteet. Polyuretaanimurske voidaan hyödyntää myös öljynsitojana tai sitä voidaan sekoittaa sementin kanssa, jolloin saadaan eristävää muurauslaastia. (PU nordic, 14.)

Epäpuhtaat tai muita rakennusainejäämiä sisältävät polyuretaanieristeet voidaan polttaa jätteenpolttolaitoksissa, joissa on lämmön talteenottojärjestelmä. Näin eristemateriaaliin sitoutunut energia muutetaan lämmitysenergiaksi. Eristeen polttamisesta ei synny negatiivisia vaikutuksia ympäristölle. (PU nordic, 14.)

4.6.5 Purkuikkunat

Vanhasta ikkunalasista voidaan valmistaa lämpöeristettä, kuten lasivillaa ja vaahtolasia, sekä myös pakkauslasia. Purkuikkunoista kierrätykseen kelpaa laminoimaton tasolasi, jossa puu- tai alumiinipokat ovat kiinteänä osana. Karmeja, kiviä, hiekkaa tai muuta maa-ainesta ei saa olla mukana. (Hannula 2016.)

Lasista valmistettava vaahtolasimurske on kevytkiviainesta, jota voidaan käyttää rakentamisessa lämpö- ja routaeristeenä sekä kevennystäytönä soran tilalla. Puhdistetun kierrätyslasin käyttö raaka-aineena vähentää hiilidioksidipäästöjä ja säästää kiviaineita. Vaahtolasimurskeen valmistus aloitettiin Suomessa vuonna 2011 tuotenimellä Foamit. (Pekkala, 114.)

Lasivillaa Suomessa valmistaa Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Lasivillan valmistukseen käytetyistä raaka-aineista kierrätyslasin osuus on noin 80 %. Kierrätyslasia käyttämällä lasin valmistukseen käytettäviä raaka-aineita säästyy ja sekä valmistusprosessin energiankulutus että lasivillan elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset pienenevät. (Isover).

5 EKOLOGISEN OMAKOTITALON RAKENTAMINEN

Ekologisen omakotitalon voi rakentaa monella eri tavalla ja monista materiaaleista. Ei ole olemassa yhtä oikeaa mallia rakentaa talo mahdollisimman ympäristöystävällisesti, vaan on punnittava eri vaihtoehtoja. On tärkeää ottaa huomioon rakentamiseen kuluva energia, rakennusmateriaalien paikallisuus ja luonnonvarojen, etenkin uusiutumattomien, maltillinen kuluttaminen.

Seuraavaksi pohditaan kuvitteellisen omakotitalon rakentamista; mitä valintoja tekemällä omakotitalo olisi ekologinen niin rakennus- kuin käyttövaiheessakin. Pohjana valinnoille on käytetty omaa tietoa, tässä työssä edellä esitettyjä pohdintoja eri materiaaleista sekä internetistä löytyvää omakotitalorakentajan ekomittaria, jonka avulla pystyy punnitsemaan eri valintojen ekologisuutta.

5.1 Talon malli ja koko

Energiatehokkuutta ajatellen talosta kannattaisi rakentaa mahdollisimman yksinkertaisen ja kompaktin kokoinen. Suuri talo kuluttaa energiaa pientä taloa enemmän, mutta talossa tulee kuitenkin olla tarpeeksi tilaa asumiselle ja elämiselle. Sopiva koko olisi 120 m², mutta kokoon vaikuttaa olennaisesti asukkaiden lukumäärä ja muu tilantarve. Talosta kannattaisi rakentaa suorakaiteen mallinen, sillä mitä enemmän talossa on nurkkia, sitä enemmän lämpöä vuotaa hukkaan. Yksikerroksinen talo olisi käytännöllinen, sillä kaikki tilat saataisiin sijoitettua samaan kerrokseen. Energiatehokkuuden kannalta kaksi kerrosta olisi kuitenkin parempi vaihtoehto.

5.2 Rakennuksen runko

Mahdollisimman ekologisen ja ympäristöystävällisen omakotitalon rakentamiseen käytettäisiin pääraaka-aineena hirttä. Puu on kiistämättä ekologinen materiaali sen uusiutuvuuden, paikallisuuden ja hiilidioksidin varastoimiskyvyn ansiosta. Puurakenteista hirsi on kenties ekologisin materiaali, sillä sen valmistus kuluttaa vähän energiaa ja se on aidosti Suomalainen raaka-aine. Kuten puusta yleensäkin,

hirrestä aiheutuu hyvin vähän hiilidioksidipäästöjä. Vaikka monet rakennusmateriaalit voidaan nykyään kierrättää tai uusiokäyttää eri tavoin, on puun kierrätettävyys kaikkein parhaimmassa asemassa.

Ulkoseinäksi tulisi massiivihirsiseinä ilman lisäeristeitä, sillä se on perinteinen ratkaisu sekä myöskin teknisesti varmempi vaihtoehto kuin lisäeristetty seinä. Massiivihirsiseinän huono puoli on se, että rakenteen on oltava paksu täyttääkseen hirsikuloseinälle asetetun $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ U-arvovaatimuksen. Ympäristöystävällisyyden näkökulmasta paksu seinärakenne ei kuitenkaan tee rakennuksesta yhtään epäekologisempaa, kun käytettävä materiaali on puuta.

Vaikka talossa käytettäisiinkin massiivista hirttä, ovat puurakenteet yleensä kuitenkin verrattain kevyempiä kuin esimerkiksi betoniset rakenteet, jolloin kuljetuksesta aiheutuu vähemmän ympäristöpäästöjä. Hirret hankittaisiin mahdollisimman läheltä, jolloin kuljetusmatkatkin pysyisivät lyhyinä. Hirrestä tekee ekologisen myös sen kestävyys ja pitkäikäisyys.

5.3 Alapohja ja lattia

Alapohjan rakenteeksi valittaisiin tuulettuva alapohja eli rossipohja. Se on perinteinen alapohjatyyppe ja sen materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa ekologisuuteen. Kantavaksi rakenteeksi valittaisiin puu, tarkemmin sahatavara. Puuvasoitukseen väliin tulevaisuudelle lämmöneristeeksi valittaisiin puukuitueriste, sillä sen odotettavissa oleva käyttöikä on pitkä, sen uusiutumaton energiasisältö on pieni ja sen raaka-aineet ovat pitkälti uusiomateriaaleja.

Lattiamateriaaliksi valittaisiin parketti niin ikään sen raaka-aineen, puun, vuoksi. Vaikka lattiapäällysteiden ympäristökuormitukset eivät merkittävästi eroa toisistaan ja lattiamateriaalin osuus koko rakennuksen raaka-aineista on suhteellisen pieni, on parketti luonnollinen valinta. Se ei ehkä ole yhtä kestävä kuin esimerkiksi laminaatti, mutta se hengittää ja tuo rakennukseen myös oman arvonsa ja tunnelmansa. Parketteja on erilaisia ja niihin käytetyt materiaalit vaikuttavat niiden ekologisuuteen. Ekologisin vaihtoehto olisi parketti, jossa kovapuuta on ainoastaan pintakerroksessa.

5.4 Välipohja, yläpohja ja katto

Välipohjaksi valittaisiin puurakenteinen vaihtoehto ja välipohjan eristeeksi sellueriste. Yläpohjasta tulisi ristikkorakenteinen ja sen eristeeksi niin ikään sellueriste. Selluvilla ei juurikaan kuormita ympäristöä, sillä sitä valmistetaan kierrätyspaperista, ja se on myös luonnonmukainen ja terveellinen valinta.

Katemateriaaliksi valittaisiin tiili, sillä tiilikate on huopa- ja peltikatetta ympäristöystävällisempi valinta. Tiilikatetta ekologisempaa olisi valita paanukate, sillä se valmistetaan puusta, mutta tiilikate on kuitenkin helpompi ja kestävämpi vaihtoehto. Savitiili katteen materiaalina on luonnollinen vaihtoehto siinä missä puukin, ja kotimaiselta valmistajalta hankittaessa voi vaikuttaa myös siihen, että kuljetusten ympäristökuormitukset jäävät mahdollisimman pieniksi.

5.5 Lämmitys

Lämmitysmuodoksi omakotitaloon valittaisiin ensisijaisesti maalämpö, mikäli se olisi tontin ja sen maapohjan kannalta mahdollinen valinta. Ellei maalämpöä voida hyödyntää, toiseksi paras ratkaisu olisi puulämmityskattila. Puu on lämmitysmateriaalina, kuin myös rakennusmateriaalina, ympäristöystävällinen valinta. Puulämmitystä täydentäisin aurinkopaneeleilla, jotka voidaan yhdistää puulämmityksen kanssa samaan varaajaan. Aurinkoenergia on niin ikään erittäin ympäristöystävällinen valinta, mutta pelkästään se ei Suomen olosuhteissa riitä täyttämään omakotitalon energiankulutusta. Se olisi kuitenkin hyödyllinen lisä, sillä etenkin kesäaikaan aurinkoenergia voi riittää esimerkiksi kaiken käyttöveden lämmittämiseen. Vaikka Suomessa puuta riittääkin myös lämmitykseen, ei sen säästämisestä ole haittaakaan.

6 YHTEENVETO

Ympäristönäkökohtien huomioiminen rakentamisessa on nykypäivää ja tulee tulevaisuudessa entistä tärkeämmäksi, kun esimerkiksi uusiutumattomat raaka-aineet vähenevät maapallolta jatkuvasti. On tärkeää, että rakennus kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän koko elinkaarensa ajan aina rakentamisvaiheesta käyttövaiheeseen ja lopulta purkamiseen. Ympäristöystävällisyyteen kuuluu myös rakennuksen turvallisuus ja terveellisyys. Materiaalien olisi hyvä olla mahdollisimman pitkäikäisiä ja sellaisia, että ne voidaan käyttökänsä päässä hyötykäyttää ja kierrättää mahdollisimman tehokkaasti.

Tässä työssä käsitelyillä rakennusmateriaaleilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Materiaalien ekologisuus riippuu aina siitä, mihin niitä vertaa. Kaikilla materiaaleilla on joitain ominaisuuksia, jotka tukevat ympäristöystävällisyyden näkökulmaa, mutta kokonaisuudessaan ekologisimmaksi raaka-ainevaihtoehdoksi nousee kiistatta puu. Sen ympäristöystävällisyys on omaa luokkaansa niin paikallisuuden, hiilidioksidipäästöjen kuin kierrätyksenkin osalta. Se uusiutuu täysin ja se on materiaaleista ainoa, jonka käyttö hidastaa ilmastonmuutosta. Sitä on riittämiin niin nyt kuin tulevaisuudessakin, sillä puuta kasvaa jatkuvasti lisää eikä etenkin Suomessa ehditä rakentamaan niin paljoa, että puu saataisiin loppumaan.

Rakennusmateriaalien kierrätys on suhteellisen hyvällä mallilla. Jotkut materiaaleista pystytään kierrättämään tai muuten hyödyntämään lähes täysin, kun taas joidenkin kohdalla kierrätettävyyden on vielä pientä. Kierrätys kuitenkin kehittyy jatkuvasti, kun keksitään uusia tapoja hyödyntää jätteitä ja ylijäämämateriaaleja. Kokonaisuudessaan nykypäivän tietoisuus kierrätyksen ja jätteen hyötykäytön tärkeydestä on suurta. Innovatiivisuudella ja kekseliäisyydellä saadaan varmasti aikaan uusia kierrätystapoja myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- Betoni. Ei päiväystä. Betonirakenteen ekotehokkuus. [Verkkosivu].
Betoniteollisuus ry. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/betonirakenteen-ekotehokkuus/>
- Betoni. Ei päiväystä. Perustietopaketti. [Verkkosivu]. Betoniteollisuus ry. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavana: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/>
- Eko-Expert. Ei päiväystä. Eko-collect ja rakennuseristeiden uusiokäyttö säästää luontoa ja rahaa. [Verkkosivu.] [Viitattu 28.2.2017]. Saatavana: <http://www.eko-expert.com/palvelut/rakennuseristeiden-uusiokaytto>
- Hannula, J. 18.2.2016. Rakennusjätteiden kierrätys ja hyötykäyttö. [Verkkojulkaisu]. Savonia-ammattikorkeakoulu. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: https://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/7_Janne%20Hannula_Rakennusj%C3%A4tteiden%20kierr%C3%A4tys%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6_18022016.pdf
- Hoikkala, S. Ei päiväystä. Muovit rakentamisessa – EPS- eristeet. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Rakennustieto. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s705.pdf>
- Isover. Ei päiväystä. Kierrätyslasista eristeeksi. [Verkkosivu]. Isover Saint-Gobain Oy. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavana: <http://www.isover.fi/valitse-isover/hyva-ymparistolle/kierratyslasista-eristeeksi>
- Krabbe, K. Ei päiväystä. Mitä on kiertotalous? [Verkkosivu]. Jäteplus. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://www.jateplus.fi/jateplus-12015/mita-on-kiertotalous/>
- Käytä puuta. 2006. Toimi ilmaston puolesta: käytä puuta. [Verkkokirja]. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Toimi%20ilmaston%20puolesta%20WEB.pdf>
- Ladec. 8.5.2014. Purkubitumit uusiokäyttöön – kattohuopa hyötykäyttöön asfalttiteollisuuden uusioraaka-aineena. [Verkkosivu.] Ladec Oy. [Viitattu 28.2.2017]. Saatavana: https://www.ladec.fi/ajankohtaiset/487/purkubitumit_uusiokayttoon_-_kattohuopa_hyotykyttoon_asfalttiteollisuuden_uusioraaka-aineena
- Lähdetluoma, M. 29.4.2014. Kaatopaikalle päätyvä kattohuopa on kohta kysyttyä raaka-ainetta. [Verkkolehtiartikkeli.] Yle uutiset. [Viitattu 28.2.2017]. Saatavana: <http://yle.fi/uutiset/3-7213578>

- Mäntyranta, K. 2015. Kattohuovat kiertoon – bitumia asfalttiteollisuudelle. [Verkkolehtiartikkeli]. Mediaplanet. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavana: <http://www.tiedostavakuluttaja.fi/kierrattaminen/kattohuovat-kiertoon-bitumia-asfalttiteollisuudelle>
- Nerkoon Höyläämö. Ei päiväystä. Puu rakennusmateriaalina. [Verkkosivu]. Nerkoon höyläämö. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://www.nerkoon.fi/puu?start=2>
- Nynas AB. 2012. Bitumin turvallinen käsittely: käyttöopas. [Verkkojulkaisu]. Nynas AB. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavana: <https://www.nynas.com/globalassets/bitumen-for-paving-applications/finland/safety/nynas-safety-book-fin.pdf>
- Oulun seudun ympäristötiimi. 24.2.2010. Jäteohje rakentajalle, remontoijalle ja purkajalle. [Verkkojulkaisu]. Oulun seudun ympäristötiimi. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavana: https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=72769ac9-7459-4a57-ad70-d7b81af957ce&groupId=64417
- Outokumpu. Ei päiväystä. Tuoteominaisuudet. [Verkkosivu]. Outokumpu. [Viitattu 7.3.2017]. Saatavana: <http://www.outokumpu.com/fi/vastuullisuus/kestava-materiaali/tuoteominaisuudet/Sivut/default.aspx>
- Parma Oy. Ei päiväystä. Betonielementtirakentamisen osaamista. [Verkkosivu]. Rakentaja.fi. [Viitattu 1.3.2017]. Saatavana: <https://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/Parma/parma8.htm>
- Pekkala, J. Ei päiväystä. Vaahtolasimurske rakentamisessa. [Verkkojulkaisu]. Rakennustieto. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140402.pdf>
- Pirhonen, I, Heräjärvi, H, Saukkola, P, Rätty, T & Verkasalo, E. 2011. Puutuotteiden kierrätys. [Verkkojulkaisu]. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp191.pdf>
- PRT-Pro. Ei päiväystä. Puurakentamisen edut. [Verkkosivu]. Pyhännän Rakennustuote Oy.[Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://www.prt-pro.fi/puurakentamisen-edut.php>
- PU-eristeet. Ei päiväystä. Mitä polyuretaani on? [Verkkosivu]. Oitti: PU Eristeteollisuus Ry. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavana: <http://www.pueristeet.fi/pueristeet/mita-polyuretaani-on/>
- PU-eristeet. Ei päiväystä. Polyuretaanieriste = PU- eriste. [Verkkosivu]. Oitti: PU Eristeteollisuus Oy. [Viitattu 18.3.2017]. Saatavana: <http://www.pueristeet.fi/>

Pulkkinen, K. 2013. Terveys- ja ympäristöriskejä ei tunneta: Betonin pimeä puoli. [Verkkolehtiartikkeli]. Kemia- lehti 7/2013. [Viitattu 1.3.2017]. Saatavana: http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2013/11/Betonin_pimea_puoli_Kemia-lehti_11_11_2013.pdf

Punkki, J. Ei päiväystä. Rakentamisen ekologisuus. [Verkkojulkaisu] Rakennustieto. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>

PU nordic. Ei päiväystä. Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet. [Verkkojulkaisu]. PU nordic. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavana: http://www.pu-nordic.fi/files/pu-nordic/pdf/81228_PU_Nordic_lammoneriste_esite_spread_LR.pdf

Puuinfo. Ei päiväystä. Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys.[Verkkosivu]. Puuinfo. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/node/1505>

Rakentajan ekolaskuri. Päivitetty 30.10.2016. Ekorakentajan opas. [Verkkosivu].Kuluttajien energianeuvonta. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: <http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php#Kestavakehitys>

RT 36-10689.1999. Mineraalivillaeristeet. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

RT 36-11090. 2012. Puukuitueristeet. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Rudus. Ei päiväystä. Rudus kierrätys – Palveluja, kestäviä uusiutuotteita ja säästää rakentamiskustannuksissa. [Verkkosivu]. Rudus Oy. [Viitattu 23.2.2017]. Saatavana: <http://www.rudus.fi/tuotteet/kierratys?gclid=CLKom4mh-s8CFVS4Gwod4RYDEQ>

Sitaatti. 2017. Kohti kiertotaloutta – askeleita Suomen menestykselle. [Verkkojulkaisu]. Vantaa: SITA Suomi Oy. [Viitattu 26.3.2017]. Saatavana: <http://sitaatti.sita.fi/kohti-kiertotaloutta-%E2%88%92-askeleita-suomen-menestykselle/>

Styroplast. Ei päiväystä. Tietoa EPS- eristeistä. [Verkkosivu]. Valkeakoski: Styroplast Oy. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavana: <http://www.styroplast.com/tietoa-eps-eristeista.html>

Teknoliateollisuus & Metallinjalostajat. 2009. Täyttä terästä: oppimateriaali. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Teknoliateollisuus Ry. [Viitattu 7.3.2017]. Saatavana: https://www.opetin.fi/wp-content/uploads/Taytta_Terasta_web_teknoliateollisuus.pdf

Teräsrakenneyhdistys. Ei päiväystä. Teräksen kierrättäminen. [Verkkosivu].
Teräsrakenneyhdistys. [Viitattu 7.3.2017]. Saatavana:
<http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneteollisuus/teras-materiaalina/kierratys/>

Tiileri. 2001. Tiileri: Tekninen opas 2. [Verkkajulkaisu]. Oulu: Kirjapaino Kaleva.
[Viitattu 1.3.2017]. Saatavana: http://www.tiileri.fi/tiedostot/tekninen_opas_II.pdf

Tiili-info. 2017. Ympäristöystävällinen tiili. [Verkkosivu]. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. [Viitattu 28.2.2017]. Saatavana: <http://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/>

Ukkola, J. 2004. Kuumaa terästä: Rautaruukki 1960-2003. Oulu: Kalevaprint Oy.

Uutiskeskus. 16.7.2014. Suurtehoimurointi mahdollistaa rakennuseristeiden uusiokäytön. [Verkkosivu]. Uutiskeskus. [Viitattu 28.2.2017]. Saatavana: <http://www.uutiskeskus.fi/suurtehoimurointi-mahdollistaa-rakennuseristeiden-uusiokayton/>

Vuorinen, P. 2017. RT:n Vuorinen: Rakentamisen jäte on kiertotalouden arvokasta raaka-ainetta. [Verkkajulkaisu]. Vantaa: SITA Suomi Oy. [Viitattu 26.2.2017]. Saatavana: <http://sitaatti.sita.fi/rakentamisen-jate-kiertotalouden-arvokasta-raaka-ainetta/>

Väisänen, P. 2007. Teräs: perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. [Verkkokirja]. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavana: http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf