

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsä- ja puutalouden markkinointi

Jaana Ahokas

MODIFIOITUJEN PUUTUOTTEIDEN KILPAILUKYKY ERI KOHTEISSA

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsä- ja puutalouden markkinointi

AHOKAS, JAANA	Modifioitujen puutuotteiden kilpailukyky eri kohteissa
Insinööri	39 sivua + 2 liitesivua
Työn ohjaaja	tutkimusjohtaja Hannu Boren
Toimeksiantaja	Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu Oy
Marraskuu 2009	
Avainsanat	modifioidut puutuotteet, vesilasikyllästys, ulkoverhous, terassituotteet, sisälattiat

Opinnäytetyössä selvitettiin modifioitujen puutuotteiden kilpailukykyä rakentamisen eri kohteissa. Rakentamisen kohteiksi valittiin ulkoverhous, terassituotteet sekä sisälattiat. Kilpailukykyä ja soveltuvuutta eri kohteissa verrattiin markkinoilla yleisempien modifioitujen tuotteiden, vastaavien käsittelemättömien puutuotteiden sekä Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa tutkimuksen kohteena olevien vesilasikyllästettyjen tuotteiden välillä. Puutuotteiden luontaiset ominaisuudet sekä modifioinnin vaikutukset kyseisiin puutuotteisiin kartoitettiin. Tuotteiden kuluttajahinnat selvitettiin pienrakentajan kannalta.

Tässä työssä selvitettiin modifioitujen puutuotteiden soveltuvuutta ja kilpailukykyä ulkoverhouksessa, terassituotteissa sekä sisälattioissa. Ominaisuuksiensa puolesta ne soveltuvat hyvin kaikkiin tutkimuksen kohteena oleviin kohteisiin. Korkeamman hankintahintansa takia niiden käyttö kaikissa näissä kohteissa ei kuitenkaan ole perusteltua. Käsittelemättömän kuusen sydänpuun sekä männyn sydänpuun ominaisuudet täyttävät riittävän hyvin ulkoverhouslaudoille asetetut vaatimukset. Terassituotteissa sekä sisälattiamateriaalina käsitellyn puutavaran parantuneet ominaisuudet lisäävät niiden käyttöikä. Tuotteen hankintahinta suhteessa tuotteen käyttöikäen tekee tällöin modifioidusta puutuotteesta näissä kohteissa kilpailukykyisen vaihtoehdon.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forest Products Marketing

AHOKAS, JAANA	Competitivity of Modified Lumbert at Different targets
Bachelor´s Thesis	39 pages + 2 pages of appendices
Supervisor	Hannu Boren, DSc (Tech.)
Comissioned by	Kymenlaakso University of Applied Sciences
November 2009	
Keywords	modified lumber, water glass impregnated lumber, outside paneling, terrace products, inside flooring

In the thesis I researched the competitiveness of modified lumber in building at different targets. The subjects of building were outside paneling, terrace products and inside floors. The competitiveness and applicability in different targets were compared with the most common modified products, the comparable unmodified lumber and the water glass impregnated lumber that is under research at Kymenlaakso University of Applied Sciences. The natural properties and the effects of modification to the lumber at hand were mapped. The consumer prices for the products were investigated for the constructor.

In this thesis we investigated the applicability and competitiveness of modified lumber in outside paneling, terrace furniture and inside floors. Due to their properties they are suited to all the investigated targets. But due to the higher consumer price their usage is not justifiable in all of the targets. The properties of unmodified heartwood of spruce and the heartwood of pine are good enough for the requirements of outside paneling. The improved properties of the lumber increase the life of terrace products and inside flooring. The consumer price in comparison to the useful life in these cases makes the modified lumber a profitable option.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
1.1 Työn taustaa.....	6
1.2 Työn tavoite ja viitekehys.....	6
2 TUTKIMUKSEN TAUSTA	8
2.1 Puutuotteiden luontaiset ominaisuudet	8
2.1.1 Kosteuseläminen.....	8
2.1.2 Kovuus ja lujuusominaisuudet.....	9
2.1.3 Lahonkesto.....	10
2.1.4 Säänkesto	11
2.1.5 Palonkestävyys	13
2.1.6 Käyttöikä ja elinkaari.....	13
2.2 Modifioidut puutuotteet ja niiden ominaisuudet.....	14
2.2.1 Lämpökäsitelty puutavara.....	14
2.2.2 Lämpökäsittelyn vaikutus puun keskeisiin ominaisuuksiin	16
2.2.3 Lämpöpuun työstäminen	18
2.2.4 Käyttöikä ja elinkaari.....	18
2.2.5 Kestopuu	19
2.2.6 Kestopuun ominaisuudet	20
2.2.7 Vesilasikyllästys	21
2.3 Puutuotteille asetetut vaatimukset rakentamisen eri käyttökohteissa	22
2.3.1 Ulkoverhous.....	22
2.3.2 Terassituotteet.....	23
2.3.3 Sisälattiat.....	25
3 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	25
3.1 Puutuotteiden vertailu eri käyttökohteissa	25
3.1.1 Ulkoverhous.....	27
3.1.2 Terassituotteet.....	28
3.1.3 Sisälattiat.....	29
4 TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO	31
4.1 Ulkoverhous.....	31

4.2 Terassituotteet	32
4.3 Sisälattiat.....	34
4.4 Yhteenveto	35

LÄHTEET	38
---------	----

LIITTEET

Liite 1. Yhteenveto sisälattiamateriaalien kuluttajahinnoista

Liite 2. Yhteenveto terassi- ja ulkooverhousmateriaalien kuluttajahinnoista

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

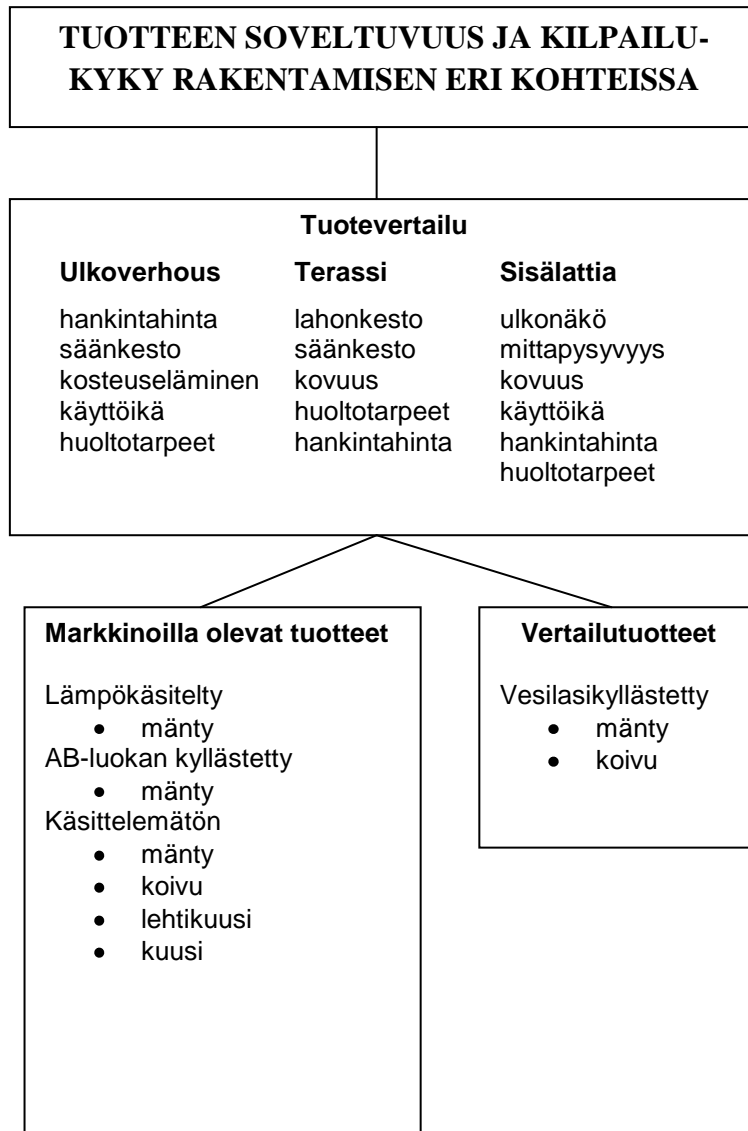
Tämä insinöörityö tehtiin Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu Oy:n metsä- ja puutalouden osaamisalalle. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystoiminnan yksi tärkeä osa-alue metsä- ja puutalouden osaamisalalla on uusien modifioitujen puutuotteiden tutkimus ja näiden tuotteiden ympäristöystävällisyys.

Puumiesten ammattikasvatussäätiön rahoittamassa, Kymenlaakson ammattikorkeakoulun hankkeessa testataan vesilasikyllästettyjen ja muiden kyllästettyjen puutuotteiden soveltuvuutta rakentamisessa. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu Oy:n rakennuttaa vuosina 2008 -2009 Miehikkälän Palvaanjärvelle uuden rakennuksen, joka tulee oppilaitokselle koulutus- ja tutkimuskäyttöön. Rakentamisessa käytetään nykyisillä AB-luokan kyllästysaineilla käsiteltyä ja lämpökäsiteltyä puuta sekä uusilla Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa kehitteillä olevilla kyllästysaineilla käsiteltyä puuta. Käyttökohteissa vertailtavana ovat käsittelemättömät puutuotteet.

1.2 Työn tavoite ja viitekehys

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia modifioitujen puutuotteiden käytön kannattavuutta kuluttajan näkökulmasta ulkoeristyksessä, terasseissa ja sisälattioissa. Tutkimuksen lopputuloksen saadaan arvio siitä, onko yleisimpien modifioitujen puutuotteiden käyttö näissä rakentamisen kohteissa järkevää, kun tuotteen hinnan lisäksi arvioidaan niiden toimivuuseroja käyttökohteessa.

Tutkimus suoritetaan vertailemalla yleisesti markkinoilla olevia tuotteita sekä Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa tutkittavina olevien uusien modifioitujen puutuotteiden ominaisuuksia, hintaa, pintakäsittelytarpeita sekä huoltokustannuksia. Työn tarkoituksena on selvittää pidemmän aikavälin kannattavuutta kuluttajan näkökulmasta ja saada selville tutkimuksen kohteina olevien puutuotteiden soveltuvuus ja kilpailukyky eri käyttökohteissa. (Kuva 1.)



Kuva 1. Työn viitekehys

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 Puutuotteiden luontaiset ominaisuudet

2.1.1 Kosteuseläminen

Hygroskooppisena aineena puu imee itseensä vettä. Puu kykenee sitomaan ilman vesihöyryä itseensä. Aluksi kosteus sitoutuu soluseinämiin, kunnes vesi alkaa varastoitua soluonteloihin. Vesimolekyylien sitoutuessa soluseinämiin alkavat seinämät turvota. Puun massaan ja tietyissä rajoissa myös sen mittoihin vaikuttaa sen sisältämä kosteus. Tämä aiheuttaa kutistumista ja turpoamista eri määrän säteen tangentin ja pituuden suunnassa. Pituudensuuntainen kutistuminen tuoreesta puusta absoluuttisen kuivaksi on puulajeittain 0,1 - 0,3 %. Säteensuuntainen kutistuminen on 3 - 6 % ja tangentinsuuntainen kutistuminen 6 - 12 %. Puulaji ja puuaineen tiheys vaikuttavat puuaineen kutistumiseen ja turpoamiseen. Puun uuteainepitoisuus on myös puun kosteuselämistä pienentävä tekijä. (Kärkkäinen 2003, 175-102) Taulukossa 1 on vertailu käsittelemättömän puun eri puulajien kuivatiheyksistä.

Taulukko 1. Puulajien luontainen tiheys ja lujuusominaisuudet (Puuproffa 2009.)

	Kuiva tiheys 0%	Taivutus- lujuus	Puristuslujuus syiden suunnassa	Vetolujuus syiden suunnassa	Vetolujuus kohtisuor. syihin	Iskulujuus	Kimmo- moduuli
Puulaji	kg/m ³	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	kJ/m ²	Mpa
Kuusi	300-480	66- 84	35- 44	88	3,3	50	8300-13000
Lehtikuusi	550-640	92- 94	47- 54	105	2,3	70	9900-13500
Mänty	480-530	83- 89	45- 47	104	5	70	10000-12000
Rauduskoivu	630-610	107- 123	54- 60	137	7	100	13000-15000
Tammi	690-700	90- 100	53- 65	90	4	60- 15	10000-13000

Puuaines pyrkii kosteustasapainoon ympäröivien kosteusolosuhteiden kanssa. Puumateriaalin kosteuseläminen vaikuttaa merkittävästi myös sen mittapysyvyyteen. Mitä suurempi on puun kosteuseläminen, sitä huonompi on sen mittapysyvyys. Puun

kosteuselämistä voidaan minimoida monin eri tavoin. Sahaustavoilla on huomattava merkitys kuivauksessa syntyviin muotovikoihin. Pintakäsittely taas suojaa puuta vain tilapäisesti kosteuselämiseltä. Lämpökäsitellyllä puun sorptiokykyä on pystytty alentamaan huomattavasti. Toinen yleisesti käytetty tapa on puun kyllästäminen. Siinä soluseinämän vesi pyritään korvaamaan toisella aineella. (Kärkkäinen 2003.)

2.1.2 Kovuus ja lujuusominaisuudet

Puun kovuudella tarkoitetaan sen ominaisuutta vastustaa kiinteiden kappaleiden pakkotamista puun sisään. Parkettien yhteydessä puhutaan usein Brinell-kovuudesta, jolla kuvataan pinnan kovuutta Brinell EN 1534:2000 -standardin mukaan. Brinell-kovuus on testimenetelmänä teollinen standardi, joka antaa PSI-toleranssin mitattavalle pinnalle. Menetelmä on erittäin laajasti käytössä puulattioiden kovuusmittauksissa. Mitä suurempi lukuarvo on, sitä kovempaa ja hankauskestävämpää puulaji on. Taulukkoon 2 on koottu kotimaisten puulajien Brinell- ja Janka-kovuusarvoja.

Taulukko 2. Käsittelemättömän puun Brinell- ja Janka-kovuusarvoja (Puuproffa 2009.)

	Päätypuun kovuus	Pintapuun kovuus	Päätypuun kovuus	Pintapuun kovuus
Puulaji	Brinell	Brinell	Janka	Janka
Hieskoivu		2,2 - 2,1	460	420
Kuusi	3,2	1,2	270 - 290	160 - 230
Lehtikuusi	5,2	1,9 - 2,5	370	340 - 360
Mänty	4	1,9	300	250
Pyökki	7,2	2,1 - 4	180 - 830	565 - 675
Rauduskoivu		2,2 - 2,7	460	420
Tammi	6,4 - 6,6	3,4 - 4,1	690 - 715	450

Brinell-kovuus sinällään ei välttämättä kerro puun kulutuskestävyydestä, vaan se mittaa puun lujuutta vastustaa ulkoisia voimia. Esim. lattiamateriaaleissa voidaan vertailla eri puuainesten kestävyttä erilaisille iskuille ja suoraan kohdistuville pisteuormille. Yleisesti ottaen voidaan olettaa, että mitä kovempaa puu on, sitä paremmin se kestää kulutusta. Oheisessa taulukossa on verrattu eri puulajien kovuuk-

sia tammeen verrattuna (kuva 2). Tammelle on annettu arvoksi 100 ja mitä suurempi luku on, sitä kovempaa puu on. (Puuproffa 2009.)

154	Kempas
144	Merbau
131	Jarrah
123	Vaahtera, kanadal.
118	Pyökki Antique
118	Pyökki Baroque
105	Saarni Baroque
105	Saarni
103	Rose Gum
100	Tammi
97	Punatammi
95	Pyökki
90	Pähkinä
85	Kirsikka
82	Vaahtera, eur.
67	Koivu Baroque
67	Koivu
42	Mänty

Kuva 2. Puulajien kovuuden vertailu tammeen verrattuna (Parketti Herala 2009.)

Puun lujuusominaisuudet vaihtelevat eri puulajien välillä. Samoilla puulajeillakin ilmenee vaihtelua lujuusominaisuuksissa. Syysuunnassa eli pituussuunnassa puu kestää taivutusta 15 kertaa enemmän kuin poikkisuunnassa. Oksat heikentävät merkittävästi puuaineen lujuutta, koska normaali syysuunta joutuu kiertämään ne. Puun lujuusominaisuuksiin vaikuttavat tämän lisäksi kasvunopeus ja tiheys. Tiheä puu kestää voimakkaampaa taivutusta niin pitkittäis- kuin poikkitaissuunnassakin. Lisäksi puun lujuusominaisuuksiin vaikuttavat kappaleen kosteus, lämpötila sekä siihen kohdistuvan kuormituksen aika. (Kärkkäinen 2003.)

Puuaineesta määritetään käyttökohteittain tiettyjä määreitä. Rakentamisessa puutaralta vaadittavia oleellisia lujuusominaisuuksia ovat kimmoisuus, puristus-, taivutus- ja leikkauslujuus ja kulutuksenkestävyys. (Kärkkäinen 2003.)

2.1.3 Lahonkesto

Puu on luonnontuote ja sellaisenaan eliöiden käyttämää ravintoa. Puuta tuhoavia eliöitä on esimerkiksi pikkujyrsijöitten, nilviäisten, hyönteisten ja sienten joukossa.

Suomen oloissa sienet aiheuttavat eniten vahinkoa. Puuta vahingoittavia sieniä ovat lahottajasienet, sinistäjäsenet ja homesienet. Näistä vaarallisempia ovat lahottajasienet, koska ne käyttävät hyväkseen puun rakenteellisia aineosia kuten selluloosaa ja ligniiniä, mikä aiheuttaa puun rakenteellisen tuhoutumisen. Puun luonnolliseen lahonkestävyyteen vaikuttavat muun muassa sen sisältämät uuteaineet ja puun tiheys. Männyn pintapuu, kuusi ja useimmat suomalaiset lehtipuut ovat hyvin alttiita lahoamiselle. Lehtikuusen sydänpuu taas on melko lahonkestävää, ja sitä käytetäänkin rakennuspuuna sekä ulko- että sisätiloissa. Taulukkoon 3 on koottu eräiden puulajien luontainen lahonkestävyyden luokittelu. (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2002.)

Taulukko 3. Puulajien luontainen lahonkestävyys SFS EN 350-2 -standardin mukaan

Luokka	Kuvaus	Kuusi	Mänty sydänpuu/pintapuu	Lehtikuusi sydänpuu/pintapuu	Koivu
1	Hyvin kestävä				
2	Kestävä				
3	Melko kestävä		3 - 4	3 - 4	
4	Vähän kestävä	4			
5	Laholle altis				5

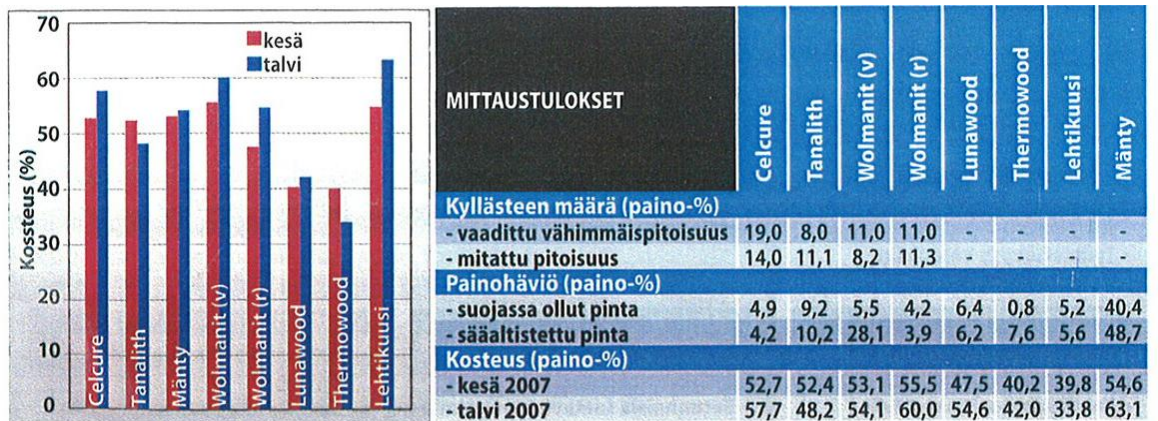
Tärkein lahoamista edistävä seikka on puun kosteus. Puun kosteuden on oltava vähintään 20 %, jotta sienten kasvu pääsisi alkuun. Puun kosteus nousee yli kahdenkymmenen prosentin vasta, kun ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on yli 85 %. Lahovaurioiden estämiseksi käytetään kahta periaatteeltaan erilaista keinoa: rakenteellista ja kemiallista lahontorjuntaa. (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2002.) Puun lahonkesto voidaan lisätä myös fysikaalisin keinoin, kuten lämpökäsittelyllä.

2.1.4 Säänkesto

Ulkokäytössä puutuotteet altistuvat ilmastotekijöille. Puuhun vaikuttavia ilmastotekijöitä ovat auringonsäteily, sade, lumi, tuuli, ilman lämpötila ja ilman suhteellinen

kosteus. Ilmastotekijät aiheuttavat puun haurastumista ja värimuutoksia. Ilman lämpötilamuutokset vaikuttavat ensisijaisesti puun lämpötilaan ja kosteuspitoisuuteen ja toissijaisesti turmeltumisreaktioiden nopeuteen. Ilman suhteelliset kosteusvaihtelut vaikuttavat lähinnä puun pintakerrokseen. (Virta 2000.)

Käsittelemätön puu kestää lyhytaikaisessa ulkokäytössä ja vauriot rajoittuvat lähinnä ulkonäkömuutoksiin. Isosaari esitteli (Rakennusmaailma 3/2009) artikkelissaan testituloksia puutuotteiden säänkestävyydestä. Artikkelissa esiteltyjen mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että käsittelemättömästä puusta parhaiten säänrasituksia kesti lehtikuusi (kuva 3). Käsittelemättömän puutavaran säänkestävyydestä on tärkeää tehdä ero pintapuun ja sydänpuun välillä. Lehtikuusen sydänpuulta voidaan olettaa säilyvyyttä Suomen ilmastossa, kun taas sen pintapuu ei säärasitusta kestä. Männyn pintapuu lahoaa näissä olosuhteissa nopeasti, kun taas sen sydänpuu kestää säärasituksia paremmin.



■ TAULUKOSSA on kestopuunäytteiden kohdalla ilmoitettu kunkin kylästeen luokituksessa vaadittu vähimmäismäärä sekä analysoitu kylästeepitoisuus, joka ei kaikkien näytteiden kohdalla täyttänyt tavoitetasoa. Painohäviö kertoo nopeutetun lahotuskokeen aikana tapahtuneesta materiaalikaladosta. Puumateriaalin epähomogeenisen luonteen vuoksi kyseisiä tuloksia on käsitelty arvostelussa ainoastaan suuntaa antavina. Kosteustulokset kertovat näytekappaleiden kosteuskäytöksestä säärasituskokeen aikana.

Kuva 3. Mittaustulokset näytekappaleiden kosteuskäytöksestä säärasituskokeen aikana (Isosaari 2009.)

2.1.5 Palonkestävyys

Puun palotekniset ominaisuudet ovat yleisesti ottaen hyvät paloturvallisuuden kannalta. Palaessa puun pintaan muodostuva hiilikerros hidastaa puun palamista. Puun syttymiseen tarvittava aika riippuu hapen saannin ollessa riittävä puun lämpötilasta. Kantavien puurakenteiden suunnittelun kannalta on tärkeää, että puun palamisnopeus tunnetaan. (Kärkkäinen 2003.)

Vaatimukset rakennusten ja niissä käytettävien tuotteiden paloturvallisuudelle on annettu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa E1. Rakennustuotteiden palonkestävyys selvitetään uusien euroluokkien mukaisesti SBI-testillä (Single Burning Item). (Ympäristöministeriö 2002.)

Suomessa ei ole säädöksiin määritelty pientalorakentamiselle erityistä palonkestävyysluokkaa ulkoeristyksessä, terassituotteissa tai sisälattioissa. Palomääräykset koskevat lähinnä rivitaloja, kerrostaloja sekä rakennuksia, joissa henkilömäärä käsittää enemmän kuin yhden talouden henkilömäärän. (Ympäristöministeriö 2002.)

2.1.6 Käyttöikä ja elinkaari

Käyttöikäsuunnittelussa tärkeinä näkökohtina ovat rakenteen kestoikä ja käyttöikä. Nämä voivat poiketa toisistaan merkittävästi. Tuotteen kestoikä tarkoittaa sitä aikaa jona rakennuksen tai tuotteen toiminnalliset ominaisuudet ovat sellaiset että oleelliset vaatimukset täyttyvät. Varsinaiseen käyttöikään vaikuttavat myös käyttäjän mieltymykset. Pintakäsittely ja säännölliset huollot lisäävät puutuotteiden kestoikää. (Viitanen 2003.)

Tuotteen elinkaarta määriteltäessä puumateriaalin kestävyuden lisäksi tärkeä näkökulma on materiaalin kierrätettävyys ja hävittäminen käytön jälkeen. Elinkaarensa päätteeksi puutuotteen lopullinen hävittäminen ympäristöystävällisesti on tänä päivänä tärkeä tekijä. Käsittelemätön puutavara ei ole koskaan ongelmajätettä ja sen hävittäminen tai polttaminen on ympäristöystävällistä ja helppoa. (Viitanen 2003.)

2.2 Modifioidut puutuotteet ja niiden ominaisuudet

Puun suojaus merkitsee laajasti ymmärrettynä sellaisin toimia, joiden avulla puu säilyy mahdollisimman pitkään laadullisesti hyvänä. Puuta vahingoittavat ennen muuta vesi, kemikaalit, tuli ja biologiset tuholaiset. Puun modifiointi voidaan jakaa rakenteelliseen, kemialliseen sekä fysikaaliseen puunmodifiointiin. Rakenteellisessa puunsuojauksessa on peruslähtökohtana estää veden tunkeutuminen rakenteisiin ja varmistaa niiden kuivuminen. Kun puun kosteuspitoisuus saadaan pysymään alle 20 %:ssa, se on suojassa lahottajasieniltä, jotka ovat tärkein ryhmä puun biologisia vaurioittajia. Rakenteelliseen puunsuojaukseen luetaan myös puun pintakäsittely sekä rakenteiden tarvitsema huolto. Kemiallisin keinoin voidaan merkittävästi parantaa puun lahonkestävyyttä ja mahdollistaa puun käyttöä myös oloissa, joissa sitä muutoin ei kannattaisi käyttää. Kemiallinen puunsuojaus tarkoittaa sitä, että puuhun saatetaan tiettyjä kemikaaleja - puun kyllästysaineita - jotka joko niiden myrkyllisyydestä vaurioiden aiheuttajia vastaan tai muiden ominaisuuksiensa ansiosta suojaavat puuta tuholaisilta. Lämpökäsittelyssä puun ominaisuuksia muutetaan fysikaalisesti kuivaamalla puu korkeassa lämpötilassa. (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2002.)

2.2.1 Lämpökäsitelty puutavara

Puun ominaisuuksien muuttuminen korkeissa lämpötiloissa on tunnettu kauan. Kuumakuivaus muuttaa puun väriä ja pienentää kosteuselämistä. Lämpökäsittelylaitos on laitteistoltaan periaatteessa kuumakuivaamo, ja prosessin ensimmäinen vaihe onkin kuumakuivaus, jossa puu kuivataan lähes nollakosteuteen. Sen jälkeen lämpötilaa nostetaan halutuista ominaisuuksista ja puulajista riippuen 180 - 250 °C, jossa lämpötila pidetään muutaman tunnin. Sen jälkeen seuraa jäähdytys ja kosteuden tasaannutus käyttökohteen vaatimaan kosteuteen. (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Lämpöpuuyhdistys ry (Lämpöpuuyhdistys, 2003a) on rekisteröinyt Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kehittämän ThermoWood-menetelmän ja omistaa lisenssi oikeudet. Yleinen ThermoWood[®]-tuoteluokitus perustuu vuosina 2000 - 2001 toteutettuun Lämpökäsittelyn puun luokitus -projektiin. Sen toteuttivat Lahontorjuntayhdis-

tys yhdessä alan teollisuuden kanssa. ThermoWoodilla on kaksi yleistä tuoteluokkaa; Thermo-S ja Thermo-D. Yleisessä ThermoWood®-tuoteluokituksessa korostetaan keskeisinä ominaisuuksina kosteuselämistä, värinmuutosta ja biologista kestävyyttä. ThermoS-tuoteluokka on standardin EN 113 mukaan melko kestävä, eli se kuuluu luontaiselta lahonkestävyydeltään luokkaan 3. Thermo-S-tuoteluokkaan käsiteltyä havupuuta suositellaan käytettäväksi mm. puutarhakalusteisiin. Thermo-S-tuoteluokkaan käsiteltyä lehtipuuta suositellaan käytettäväksi esimerkiksi lattia materiaalina. Taulukkoon 4 on koottu Thermo-S-tuoteluokkaan kuuluvien puutuotteiden suositeltavat käyttökohteet. (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Taulukko 4. Käyttökohteet joihin Thermo-S-tuoteluokkaan käsitellyt havu- ja lehtipuu soveltuvat (Lämpöpuuyhdistys 2003a)

Thermo-S-tuoteluokkaan käsitellyt havupuut	Thermo-S-tuoteluokkaan käsitellyt lehtipuut
<ul style="list-style-type: none"> - rakennekomponentit - sisustukset, kuivat tilat - kiintokalusteet, kuivat tilat - huonekalut - puutarhakalusteet - saunan lauteet - ikkuna- ja ovirakenteet 	<ul style="list-style-type: none"> - sisustukset - kiintokalusteet - huonekalut - lattiat - saunan rakenteet - puutarhakalusteet

Thermo-D-tuoteluokan keskeisiä ominaisuuksia ovat kulutus- ja biologinen kestävyys. Thermo-D-tuoteluokkaan kuuluva sahatavara luokitellaan standardin EN 113 mukaan kestäväksi eli se kuuluu luontaiselta lahonkestävyydeltään luokkaan 2. Ulkoverhoukseen, lattioihin sekä puutarhakalusteisiin suositellaan käytettäväksi Thermo-D-tuoteluokkaan käsiteltyä havupuuta. Thermo-D-tuoteluokkaan käsiteltyä lehtipuuta suositellaan käytettäväksi esimerkiksi lattioihin. Taulukossa 5 on esitetty Thermo-D-tuoteluokkaan kuuluvien tuotteiden suositeltavat käyttökohteet. (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Taulukko 5. Käyttökohteet joihin Thermo-D-tuoteluokkaan käsitelty havu- ja lehti-puusahatavara soveltuvat (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Thermo-D-tuoteluokkaan käsitellyt havupuut	Thermo-D-tuoteluokkaan käsitellyt lehtipuut
<ul style="list-style-type: none"> - ulkoverhous - ulko-ovet - ikkunaluukut - ympäristörakenteet - sauna- ja kylpyhuonesisustukset - lattiat - puutarhakalusteet 	<p>Käyttökohteet kuten luokassa Thermo-S. Halutessa tummaa värisävyä käytetään luokan Thermo-D tuotteita.</p>

2.2.2 Lämpökäsittelyn vaikutus puun keskeisiin ominaisuuksiin

Lämpökäsittely pienentää hieman puuaineen tiheyttä. Puumateriaalin tiheydellä ja lujuudella on voimakas korrelaatio. Tästä syystä lämpöpuun lujuusarvot heikkenevät hiukan verrattuna käsittelemättömään sahatavaraan. Puuaineen paino-lujuussuhde pysyy käytännössä kuitenkin muuttumattomana. Taivutuslujuus ei merkittävästi heikkene sahatavaran lämpökäsittelyssä. Lämpökäsiteltyä sahatavaraa ei kuitenkaan suositella käytettäväksi kantavissa rakenteissa. Testien mukaan lämpökäsittely pienentää puristuslujuutta. Vaikutus saattaa jossain määrin olla jopa päinvastainen. Äärirajoille kuormitettuna lämpökäsitellyllä puulla ei ole samaa elastisuutta kuin käsittelemättömällä puulla. Puun halkaisulujuus pienenee lämpökäsittelyssä käsittelylämpötiloittain 30 - 40 %. Pienentyneen halkaisulujuuden takia suositellaan kiinnitysruuveille esiporattuja reikiä. (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Lämpökäsittelyn on todettu kasvattavan hieman puun kovuutta. Muutos on kuitenkin niin vähäinen, ettei sillä ole käytännön merkitystä. Puun tasapainokosteus pienenee lämpökäsittelyssä. Korkeassa lämpötilassa (220 °C) käsitellyn puun tasapainokosteus on jopa 40 - 50 % alhaisempi kuin käsittelemättömän puun. Puun mittapysyvyys paranee merkittävästi tasapainokosteuden alentuessa. Sen kosteuseläminen vähenee käsittelylämpötilasta riippuen jopa 30 – 50 % vastaavaan käsittelemättömään puulajiin verrattuna. Lämpökäsitellyllä puulla sekä säteen että tangentin suuntainen turpoaminen kosteuden lisääntyessä on huomattavasti pienempää kuin käsittelemättömällä puulla. Lämpökäsittely pienentää veden imeytymistä puuhun. Upotuskokeissa

on todettu, että lämpökäsiteltyyn puuhun sitoutuu huomattavasti vähemmän vettä kuin käsittelemättömään. Lämpökäsitellyn puun lämmönjohtavuus on käsittelemättömää puuta 20 - 25 % alhaisempi. Lämpökäsitelty puu ei palo-ominaisuuksiltaan olennaisesti poikkea käsittelemättömästä puusta. Lämpökäsitellyn puun biologinen vastustuskyky standardin EN 113 mukaan osoitti hyvää kestävyyttä. Lämpökäsiteltyä puuta ei kuitenkaan suositella käytettäväksi pysyvästi kosteassa maakosketuksessa. (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

Luonnonolosuhteissa lämpökäsitellyn puun kosteuspitoisuus on noin puolet käsittelemättömään puuhun verrattuna. Ultraviolettisäteilyn aiheuttama pintahalkeilu on lämpökäsitellyllä puulla vähäisempää kuin käsittelemättömällä puulla. UV-säteilyn johdosta lämpökäsitellyn puun alkuperäinen väri haalistuu. Tätä voidaan kuitenkin estää UV-suojan antavalla pintakäsittelyllä. Kuvassa 4 on lueteltu lämpökäsittelyn vaikutukset puun ominaisuuksiin. (Lämpöpuuyhdistys 2003b.)

Havupuut (mänty ja kuusi)

	Thermo-S	Thermo- D
Käsittelylämpötila	190 °C	212 °C
Säänkestävyys	+	++
Dimensiostabiilisuus	+	++
Taivutuslujuus	ei muutosta	-
Värin tummuus	+	++

Lehtipuut (koivu ja haapa)

	Thermo- S	Thermo- D
Käsittelylämpötila	185 °C	200 °C
Säänkestävyys	ei muutosta	+
Dimensiostabiilisuus	+	+
Taivutuslujuus	ei muutosta	-
Värin tummuus	+	++

Kuva 4. Yhteenvedo ThermoWood-prosessin vaikutuksista puun ominaisuuksiin tuoteluokittain (Lämpöpuuyhdistys 2003a.)

2.2.3 Lämpöpuun työstäminen

Yleisesti ottaen lämpöpuun käsittely edellyttää hieman enemmän tarkkuutta kuin käsittelemättömän puun. Lämpöpuu on lujuusominaisuuksiensa vuoksi alttiimpaa mekaanisille vaurioille. Työstettäessä lämpöpuuta on huomioitava kaksi keskeistä seikkaa; lohkeamien välttämiseksi terien on oltava hyvässä kunnossa ja työstettäessä syntyvä pöly on hyvin hienojakoista, joten hengityssuojainten käyttö on suositeltavaa. Lämpökäsittely heikentää puun halkaisulujuutta. Materiaalin halkeilu voidaan estää käyttämällä itseporautuvia ja -senkkaavia ruuveja tai esiporaamalla reiät. Värjäytymisen estämiseksi suositellaan kiinnikemateriaaliksi kosteissa olosuhteissa ruostumatonta terästä. (Lämpöpuuyhdistys 2003b.)

2.2.4 Käyttöikä ja elinkaari

Lämpöpuun valmistusprosessissa käytetään ainoastaan lämpöä ja vesihöyryä. Prosessissa ei käytetä ympäristöä rasittavia kemikaaleja eikä puuhun lisätä vieraita aineita. Elinkaarensa päätteeksi lämpöpuu voidaan hyödyntää energiantuotannossa tai hävittää muutoin ilman riskejä. (Lämpöpuu 2003a.)

Käytettäessä lämpökäsiteltyä puutavaraa ulkooverhoukseen ja terassituotteisiin sen pintakäsittely on tarpeen lähinnä pintahomeen muodostumisen välttämiseksi sekä värin pysyvyyden varmistamiseksi. Pintakäsittely voidaan tehdä kuten käsittelemättömänkin puutavaran. Sisälattioiden pintakäsittely helpottaa pinnan puhtaanapitoa. Lämpökäsitelty puu vastaa pintakäsittelyalustana käsittelemätöntä puuta. Pienentyneen kosteuselämisen takia pinnoitteen halkeilu ja lohkeilu on vähäisempää. Lämpökäsittely poistaa puusta pihkan, ja tämän takia oksat eivät vaadi erityistoimenpiteitä pintakäsittelyn yhteydessä. Lämpöpuun käsittelyssä kuluu pohjamaalia enemmän verrattuna käsittelemättömään puutavaraan. Pintakäsittelyn huoltovälit riippuvat pintakäsittelyyn valitusta materiaalista. Käytettäessä enemmän pigmenttiä sisältäviä tuotteita huoltoväli pitenee. (Lämpöpuuyhdistys 2003b.)

2.2.5 Kestopuu

Puu altistuu kosteuden lisääntyessä sienituhoille ja myös erilaisille hyönteisvaurioille, mm. termiiteille. Kuivana se on pieninä dimensioina helposti syttyvää. Näitä ominaisuuksia on jo kauan pyritty muuttamaan kyllästyksellä. Lahoamiselta puuta voidaan suojata kemiallisesti, joko puun pintaan siveltävillä aineilla tai teollisella kyllästyksellä. Puunsuojaukseen on käytetty kromia, arseenia ja kuparia sisältäviä painekyllästysaineita sekä kreosiittiöljyä. Ympäristölle ja terveydelle vaarallisina aineina näiden käyttöä on rajoitettu. Kupari ja eräissä vaativissa tapauksissa kromin ja kuparin yhdistelmä ovat nykyisin yleisesti sallittuja kyllästeitä. Öljykyllästys ja vesilasikyllästys ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja edellä mainituille kyllästysmateriaaleille. Suomen sääolosuhteet asettavat etenkin ulkotilojen puurakenteet erittäin kovalle rasitukselle. Olosuhteissa, joissa on kosteutta, lämpöä ja happea, käsittelemätön puu ei kestä vaan lahoaa. Kyllästämättömän puun biologinen tuhoutuminen alkaa, kun puun kosteus nousee yli 18 %:n. Sateelle alttiissa rakenteissa puun kosteus nousee helposti yli 20 prosentin ja maakosketuksessa yli 30 prosentin; tästä syystä kaikissa säälle alttiissa puurakenteissa on suositeltavaa käyttää kyllästettyä puutavaraa. Paineekyllästetty puutavara on käsitelty aineilla, jotka tunkeutuvat laholle alttiin pintapuun läpi sydänpuuhun asti. Paineekyllästetty puutavara kestää selvästi käsittelemätöntä puuta kauemmin olosuhteissa, joissa puutavara on suorassa maa- tai vesikosketuksessa. (Kestopuu 2009.) Taulukossa 6 on kyllästetyn puutavaran käytösesimerkkejä eri riskiluokissa. Riskiluokat on määritelty standardissa EN 335-1.

Taulukko 6. Kyllästetyn puutavaran käyttöesimerkkejä eri riskiluokissa Riskiluokat on määritelty standardissa EN 335-1.

Riski-luokka	Käyttöalue	Esimerkkejä eri käyttökohteista	Suosittelava kyllästysluokka
1	Puu kuivassa sisäilmastossa	Huonekalut, sisäverhoukset	Tässä riski-luokassa ei tavallisesti ole tarpeen käyttää kyllästettyä puutavaraa
2	Puu, joka ei ole suoraan alttiina sään vaikutuksille eikä ole kosketuksessa maahan, mutta jonka kosteuspitoisuuden lyhytaikainen nousu on mahdollista.	Kattotuolit, katetussa ulkotilassa oleva puu	Tässä riski-luokassa ei tavallisesti ole tarpeen käyttää kyllästettyä puutavaraa
3	Säälle ja kondenssi-kosteudelle alttiina oleva puu, joka ei ole kosketuksessa maahan eikä pysyvästi vedessä ja joka sijaitsee siten, että vaurioituneet osat on helppo vaihtaa eivätkä aiheuta tapaturmavaaraa.	Ikkunat ja ulko-ovet. Sateelta suojaamattomat ulkovalusteet, piharakenteet, pihalaatat yms., jotka eivät kosketa maahan	B, AB
4	Puu, joka on jatkuvassa kosketuksessa maahan tai makeaan veteen tai meriveteen, jonka suolapitoisuus on enintään 0,7 % tai on erityiselle säärasitukselle alttiina, ja jonka lujuuden ei henkilöturvallisuussyistä sallita heikentyvän tai jonka vaihtaminen on vaikeaa.	Sähkö- ja puhelinpylväät, ratapölkkyt. Laiturien ja siltöjen kantavat rakenteet. Aidan ja portin pylväät, ulkopuoliset rakenteet kuten portaat, parvekerakenteet, yms.	A
5	Puu on suolaisessa merivedessä, jonka suolapitoisuus on yli 7 painoprosenttia ja puu jolle asetetaan erityisiä kestävyys- ja lujuusvaatimuksia.	Satama- ja venelaiturit, peruspaalut yms.	M

Painekyllästetty puutavara eli kestopuu tuotetaan mäntypuutavarasta teollisesti kyl-
lästämällä. Kestopuuta kyllästetään A- ja AB-luokkiin. A-luokan kestopuuta käytetään suorassa maa- ja vesikosketuksessa, sekä kantavissa ja muutoin vaikeasti korjattavissa rakenteissa. AB-luokan kestopuu on tarkoitettu maanpinnan yläpuolisiin rakenteisiin. (Kestopuu 2009.)

2.2.6 Kestopuun ominaisuudet

Laatuluokitettuna, kyllästetyn puutavaran valmistus on laadunvalvonnan alaista. Painekyllästetyksen laatuvaatimukset täyttyvät, kun kyllästysaine on imeytynyt koko pintapuukerroksen läpi. Kovaan sydänpuuhun kylläste imeytyy vain joidenkin millimetrin syvyydeltä. Kyllästetyn puutavaran säänkestävyys on hyvä ja ulkonäkömuutokset sään vaikutuksesta vähäisiä. Kyllästetyn puun lujuusominaisuudet eivät poikkea vastaavan kyllästämättömän puutavaran lujuusominaisuuksista. Kyllästetyn puun kestoikä on käyttökohteen ja kyllästysluokan mukaan 3 - 5 kertaa pidempi kuin kyl-

lästämättömällä puulla. Esimerkiksi A-luokan kyllästetty puutavaran kestoikä maakosketuksessa on 4 - 5 kertaa pidempi kuin kyllästämättömällä. Ulkokäytössä kyllästetty puutavara joutuu alttiiksi auringon UV-säteilylle. Tämän vaikutuksesta puu harmaantuu. Pintakäsittelyllä voidaan ehkäistä tämä pinnan harmaantuminen sekä helpottaa puun puhtaanapitoa. Huoltokäsittelyä suositellaan 1–3 vuoden välein, auringonvalon ja kosteusrasituksen määrään mukaan. Kyllästetyn puutavaran pintakäsittelyyn soveltuvat samat pintakäsittelyaineet kuin käsittelemättömänkin puun pintakäsittelyyn: puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitettut lateksi- ja öljymaalit. (Kestopuu 2009.)

Kestopuun ongelmana on sen hävittäminen. Käytöstä poistettu kestopuu on ongelmajätettä ja se tulee toimittaa puutavaraliikkeiden keräyslavoille tai jätelaitoksille. Kerätty puutavara toimitetaan energiahyödynnettäväksi ja polton yhteydessä puun sisältämät kyllästysaineet otetaan talteen. (Kestopuu 2009.)

2.2.7 Vesilasikyllästys

Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa on tutkimuksen kohteena vesilasikyllästysmenetelmät ja –tuotteet. Vesilasin käyttö puun kyllästyksen on vanha menetelmä, joka on otettu uudelleen käyttöön ja jota kehitetään edelleen, jotta siitä saataisiin myös kaupallisesti kannattavaa.

Vesilasikyllästyksessä käytetään kyllästysaineena vesilasia eli natriumsilikaattia. Tämä lisää merkittävästi puun kovuutta verrattuna vastaavaan käsittelemättömään puuhun. Vesilasin tunkeutuessa puun solukoihin sen kosteuseläminen vähenee merkittävästi ja tätä kautta myös sen mittapysyvyys on hyvä. Vesilasikyllästetyn puun biologinen kestävyys paranee. Se on lahonkestoltaan hyvin kestävä. Palonkestävyys on erittäin hyvä. Vesilasikyllästetty puu sopii erityisesti kulutusta, kovuutta, sään ja palonkestävyyttä vaativiin kohteisiin. Vesilasikyllästetyn puutavaran työstö ei eroa vastaavan käsittelemättömän puutavaran käsittelystä. Säänrasituksille alttiissa olosuhteissa vesilasikyllästetyn puutavaran pintakäsittelyä suositellaan. Öljykäsittely ennen asennusta estää esimerkiksi suolojen pintaan nousun ja säilyttää puun alkupeiräisen värisävyn paremmin. Öljykäsittely estää myös puun pinnalle muodostuvaa homekasvustoa syntymästä. (Boren 2009.)

Vesilasikyllästetty puutavara ei ole ympäristölle haitallinen, koska vesilasi sisältää pelkästään piitä ja natriumia. Sen käsittely ei ole myöskään terveydelle haitallista. Se hävitetään kuten käsittelemätön puutavara. (Boren 2009.)

2.3 Puutuotteille asetetut vaatimukset rakentamisen eri käyttökohteissa

2.3.1 Ulkoverhous

Puinen ulkoverhous on alttiina erilaisille sääolosuhteille, ja puun ominaisuudet ulkonäön lisäksi onkin syytä ottaa huomioon puuverhousta valittaessa. Hankinta- ja huoltokustannusten hinta vaikuttaa ulkonäkötekijöiden ohella hyvin paljon ulkoverhousmateriaalia valittaessa. Kokonaisuudessaan ulkoverhouksen rakennuskustannukset ovat merkittävät. Ulkoverhouslautavalinnalla voidaan lisätä rakennuksen arvoa. (Rakentaja.fi 2009.)

Ulkoverhous on erittäin alttiina säärasituksille. Ulkoverhoukseen vaikuttavia ilmastotekijöitä ovat auringon ultraviolettisäteily, sade, lumi, tuuli ilman lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus. Ulkoilman lämpötila vaikuttaa ulkoverhouksen rakenteiden lämpötilaan ja kosteuspitoisuuteen. Säätilan muutosten myötä puujulkisivun kosteuspitoisuus vaihtelee. (Virta 2000.)

Ulkoverhouksen kannalta kosteuseläminen vaikuttaa puun muotovikoihin kuten kieoutumiseen, kupertumiseen, turpoamiseen ja kutistumiseen. Mitä paksumpaa puu on, sitä paremmin se pystyy tasaamaan kosteutta. Verhouslaudassa on tällöin enemmän massaa pintaansa nähden kuin vastaavalla ohuella laudalla, ja pinnan kastumisesta huolimatta puun sisäosa pystyy paremmin tasaamaan kosteutta. Käsittelemättömästä puutavarasta valmistetun ulkoverhouslaudon vähimmäispaksuus riippuu laudan leveydestä. (RT 82-10829, 2004.) Tärkein keino näiden vaurioiden ehkäisemiseksi on rakenteellinen puunsuojaus. Kemiallinen puunsuojaus ei yksin riitä, jos rakenneratkaisut ovat virheellisiä. Kemiallisen puunsuojauksen keinoja ovat maalaus sekä kyllästys. (RT 29-10572, 1995.)

Ulkoverhouksen kestoian odotetaan olevan sama kuin rakennuksen käyttöikä, mikä asettaa ulkoverhoukselle tiettyjä vaatimuksia. Pientalojen käyttöiän odotetaan yleensä olevan vähintään 50 vuotta. Ulkoverhouksen kestoikään vaikuttavia tekijöitä materiaalin lisäksi ovat pintakäsittely ja huoltotoimenpiteet.

Omakotitaloissa kuten isommissakin rakennuksissa pätee periaate: talon kestoikä ja huoltovapaus/-välit voidaan suurelta osin valita ennakkoon materiaalivalintojen ja teknisten ratkaisujen avulla. Rakennus voidaan tehdä kestäväksi esimerkiksi 20 vuotta, 100 vuotta tai pitempään. Kestoikää lisättäessä rakentamiskustannus hieman kohoaa, mutta rakennusta pitkään käytettäessä se saadaan moninkertaisesti takaisin. (Virta 2000.)

Ulkoverhouksen käyttöajan kokonaiskustannuksiin vaikuttavat ulkoverhouksmateriaalin pintakäsittely ja huoltotarpeet. Puujulkisivu ei välttämättä edellytä maalausta. Käytettäessä ulkoverhoukseen tarkoitettua hyvälaatuista sydänpuuta on sen pinnan eroosioksi arvioitu vain 6...7 mm sadassa vuodessa. Ulkoverhouksen pintakäsittely estää eroosiota, home- ja sinistäjäsiementen esiintymistä sekä pinnan harmaantumista. Se hidastaa sadeveden imeytymistä sekä on monesti ulkonäöllisesti tarpeen. (RT 29-10572, 1995.)

Tehtaalla suoritettu pohjamaalaus suojaa puuta sateelta ja auringonvalolta ennen asennusta ja varsinaista pintamaalausta. Pintakäsittely myös kiinnittyy pintaan kunnolla ja kestää paremmin ulkoiset rasitukset. Pohjamaalaus myös jouduttaa maalaustöitä, koska asennuksen jälkeen voidaan siirtyä suoraan pintamaalaukseen. Oikein suunnitellun ja toteutetun ulkoverhouksen huoltoväli on 10 - 15 vuotta riippuen rakennuksen maantieteellisen sijainnin sekä ulkoverhouksen ilmansuunnan mukaan. Ulkoverhouksen pinta tulisi vuosittain tarkistaa ja huoltaa tarvittaessa. (Rakentaja.fi 2009.)

2.3.2 Terassituotteet

Pihalle rakennettavissa rakenteissa on tärkeää valita oikea puumateriaali oikeaan paikkaan. Ulkokäytössä puu joutuu alttiiksi erilaisille ilmastotekijöille ja kosteudelle. Puurakenteet ovat alttiita auringonvalolle, sateelle, tuulelle ja lumelle. Sen lisäksi etenkin kattamattomissa kohteissa sade ja lumi jäävät helposti niiden pinnalle. Piha-

rakenteiden perustuksissa puu joutuu myös kosketuksiin maan ja betonin kanssa, ja tämä asettaa puutuotteelle tiettyjä vaatimuksia. (Puuinfo 2009.)

Ulkokäytössä puun kestävyyttä uhkaa usein lahoaminen. Ulkokäytössä puutuotteet ovat kosteudelle alttiina erilaisille biologisille tuholaisille. Pinnalla voi kosteuden vaikutuksesta esiintyä myös homekasvua, joka muuttaa ikävästi tuotteen ulkonäköä. Terassin kantavissa rakenteissa puutuotteen lujuudella on merkitystä. Jos terassin lattiataso sijaitsee yli 50 cm maanpinnan yläpuolella, siihen tulee rakentaa suojaksi kaiteet. Kaiteitten puuosien tulee kestää myös jonkin verran nojailua, joten riittävän hyvällä elastisuudella ja taivutuslujuudella on merkitystä. Myös terassin lattiapinnoissa näillä ominaisuuksilla on merkitystä. Terassin lattiapintojen tulee kestää mekaanista rasitusta kuten kävelyä ja harjaamista. Puutavaran kovuudella ja kulutuksen kestolla on siis merkitystä terassin rakennusmateriaalia valittaessa. (Rakentaja.fi 2009.)

Terassituotteiden käyttöikä odotus ei välttämättä ole yhtä pitkä kuin rakennuksen käyttöikä, koska kustannuksiltaan ja rakennustekniikaltaan terassituotteiden korvaaminen on vaivattomampaa. Terassituotteiden kestoikään vaikuttavat materiaali- valinnan lisäksi pintakäsittely ja huoltotoimet, joita suoritetaan terassin käyttöiän aikana. Ulkokäytössä puu muuttaa väriään ja pinta haristuu. Ulkoterassituotteissa värinmuutoksella ei ole niin suurta merkitystä kuin esimerkiksi rakennuksen ulkoverhouksessa. Terassituotteiden käsittely puunsuoja-aineilla parantaa niiden värin säilyvyyttä ja estää pinnan kulumista. Ulkokäytössä tuotteiden huoltotoimet vuosittain pidentävät merkittävästi niiden käyttöikää ja helpottavat pintojen puhtaanapitoa. Vesiohenteisilla pintakäsittelyaineilla suositeltu huoltoväli on 1 - 3 vuotta ja öljypohjaisia aineita käytettäessä suositellaan pintakäsittelyn uusimista vuosittain. Terassituotteiden pintakäsittelyksi suositellaan käsittelyä puunsuoja-aineilla. (Rakentaja.fi 2009.)

Terassirakenteiden rakenteelliset ratkaisut eivät yksin riitä takamaan riittävää kestävyyttä. Rakenteellisten ratkaisujen lisäksi on erittäin tärkeää valita oikea puutuote, joka kestää sille asetetut vaatimukset.

2.3.3 Sisälattiat

Lattia on aina tärkeä osa sisustuskokonaisuutta, ja lattiamateriaalia valitessa on sen ulkonäkö merkittävä valintakriteeri. Ulkonäölliset erot eri puulajien välillä syntyvät puulajin luontaisesta kuvioinnista, väristä sekä sävyn tummuusasteesta. Puulajin valinta vaikuttaa lattian kokonaiskustannukseen merkittävästi. Sisälattian tulee olla kulutuksen kestävä. Parketin pinta joutuu kestävään askelrasitusta etenkin eteisessä, jossa hiekka ja kivet helposti painautuvat parketin pintaan. Puulajin kovuus ja kulutuksen kestävyys tulee valintakriteerinä ottaa huomioon. (Parketti Romanoff 2009.)

Ilmankosteus ja lämpötilan muutokset ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat parketin kosteuselämiseen. Huonetiloissa ilmankosteus vaihtelee, ja tämä aiheuttaa puun turpoamista ja kutistumista. Etenkin Suomen ilmasto-oloissa, jossa huoneilman kosteusprosentti vaihtelee vuodenaikojen mukaan, on lattiamateriaalin mittapysyvyys merkittävä tekijä. Lattiaan ei haluta syntyvän ylimääräisiä rakoja tai pullistumia. (Parketti Romanoff 2009.)

Sisälattioiden säännöllinen huolto ja puhtaanapito pidentävät niiden kestoikää merkittävästi. Sisälattioiden käyttöikään vaikuttavat sen kestävyuden lisäksi sisustukselliset mieltymykset. Sisälattiaa voidaan erilaisilla pintakäsittelyillä muuttaa mieleiseksi ennen sen varsinaista kestoian päättymistä. Sisälattioiden huoltotoimenpiteillä, kuten pinnan hionnalla, voidaan jatkaa lattian kestoikää.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Puutuotteiden vertailu eri käyttökohteissa

Tuotteiden soveltuvuuden vertailu eri käyttökohteissa tehdään kirjallisuus- ja kyselytutkimuksena. Materiaalina on käytetty SFS-standardeja, alan kirjallisuutta sekä RT-kortistoja. Tuotteiden vertailuhinnat ovat kuluttajahintoja. Kuluttajahinnoista on pyydetty tarjoukset Starkki Oy:ltä sekä K-Raudasta. Hintavertailussa merkittävää on huomioida ero käsittelemättömän ja modifioidun puutuotteen hinnassa. Vertailu tehdään ulkoverhous- ja terassituotteiden kuutiohinnoilla sekä sisälattiamateriaaleissa neliöhinnoilla. Tarjoushintojen yhteenveto on liitteenä 1. Vertailu tehdään puutava-

ran hinnan perusteella ottamatta kantaa puutavaran mittoihin ja muotoiluun sen tarkemmin. Tarkoitus on vertailla tuotteiden välistä hintaeroa ja tällä tavoin saadaan riittävä tarkkuus. Jotta eri puutuotteiden toimivuuseroja eri käyttökohteissa voidaan arvioida, täytyy tuntea, mitkä ovat puutuotteiden kriittiset ominaisuudet eri käyttökohteissa ja miten modifioitujen puutuotteiden kriittiset ominaisuudet poikkeavat perinteisistä puutuotteista. Laaja katsaus puutuotteiden kriittisiin ominaisuuksiin ulkoverhouksessa, terasseissa ja sisälattioissa on esitetty luvuissa 2.3.1, 2.3.2 ja 2.3.3. Luvuissa 2.1. ja 2.2. on esitetty laaja kirjallisuuskatsaus perinteisten ja modifioitujen puutuotteiden ominaisuuksiin.

Tuotteiden paremmuusjärjestys arvioitiin seuraavasti:

1. Ensimmäiseksi tuotteet laitettiin paremmuusjärjestykseen kriittisten ominaisuuksien suhteen. Painoarvoa annettiin myös pitkälle käyttöiälle ja vähäiselle huoltotarpeelle.
2. Seuraavaksi tarkasteltiin tuotteiden hintoja. Mikäli tuotteiden hintataso oli sama, paremmuuden ratkaisi kriittiset ominaisuudet. Mikäli ominaisuuksiltaan parempi modifioitu puutuote oli selvästi kalliimpi kuin käsittelemätön puutavara, joka kuitenkin oli ominaisuuksiltaan käyttökohteeseen soveltuva puutuote, edullisempi tuote valittiin kuluttajan kannalta paremmaksi vaihtoehdoksi.
3. Tuotteen alkuperäinen ulkonäköasia (esim. väri) ei vaikuttanut tuotteiden paremmuusjärjestykseen.

Kriittisiä ominaisuuksia tutkimuksen kohteena olevissa käyttökohteissa rakennus- ja huoltokustannusten lisäksi ovat puutuotteen säänkesto, biologinen kestävyys, kosteuseläminen, palonkesto, kovuus ja käyttöikä. Kriittisten ominaisuuksien merkittävyys on erilainen puutuotteiden eri käyttökohteissa.

Puulajeittain optimoitu lämpökäsittelyprosessi asettaa raaka-aineelle erittäin tiukat laatuvaatimukset, jotka Lämpöpuuyhdistys ry (Lämpöpuuyhdistys 2003a) on määrittellyt. Tämän takia lämpökäsittelyyn valitaan vain hyvälaatuista ja laatuluokiteltua puutavaraa. Vertailtaessa modifioitujen puutuotteiden ominaisuuksia käsittelemättömään sahatavaraan oletetaan myös käsittelemättömän ja kyllästetyn puutavaran olevan yhtä huolellisesti lajiteltua ja tasalaatuista sahatavaraa. Vertailuun on valittu

kussakin käyttökohteessa yleisimmin markkinoilla olevia tuotteita. Vertailuhintana on käytetty saatujen kuluttajahintojen keskiarvoa.

3.2 Ulkoverhous

Ulkoverhouksesta vertailutuotteiksi valittiin käsittelemätön kuusi, käsittelemätön mänty sekä lämpökäsitelty mänty. Näitä markkinoilla yleisimmin käytössä olevia tuotteita verrattiin vesilasikyllästettyyn ja lämpökäsiteltyyn mäntyyn. Puun sydänpuoli kestää ulkoisia rasituksia pintapuuta paremmin. Siksi laadukkaiden ulkoverhouslautojen käyttöpintana on useimmiten sydänpuuta. Ulkoverhouksen säänkestoon vaikuttaa huomattavasti tuotteen pintakäsittely ja tämä taas niiden ulkonäköön. Puutuotteiden pintakäsittelyn imeytyvyys ja käsittelyn pysyvyys ovat siis niitä tekijöitä, jotka otetaan vertailussa huomioon. Käsittelemättömistä puutuotteista vertailtiin vain sydänpuutavaran ominaisuuksia. Puutuotteiden kriittiset ominaisuudet ulkoverhouksen kannalta tärkeysjärjestyksessä:

1. Pintakäsittelyn toimivuus
2. Muoto- ja mittapysyvyys ulkonäön kannalta
3. Pintakäsittelyn tarve ja huoltovälit
4. Kestoikä

Taulukossa 7 on esitetty ulkoverhoustuotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta. Paras valinta kuluttajan kannalta on perinteinen kuusesta tehty ulkoverhouslauta, koska kriittisissä ominaisuuksissa ei ole suurta eroa modifioituihin puutuotteisiin ja sen hinta on kaksi kertaa modifioituja puutuotteita edullisempi.

Taulukko 7. Ulkoverhoustuotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta

Tuotteet kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä	Pintakäsittelyn toimivuus	Muoto- ja mittapysyvyys	Pintakäsittelytarve ja materiaalit	Pintakäsittelyn huoltoväli	Käyttöikä	Hankintahinta €/m ³
1. Kuusi, käsittelemätön	ei merkittävää eroa tuotteiden välillä	ulkoverhouksen ulkonäön kannalta ei merkittävää eroa	- tarpeellinen - puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitetut lateksi- ja öljymaalit	- huolto vuosittain - uusintakäsittely 10 - 15 vuoden välein	rakennuksen oletettu käyttöikä	515
2. Mänty, käsittelemätön	ei merkittävää eroa tuotteiden välillä	ulkoverhouksen ulkonäön kannalta ei merkittävää eroa	- tarpeellinen - puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitetut lateksi- ja öljymaalit	- huolto vuosittain - uusintakäsittely 10 - 15 vuoden välein	rakennuksen oletettu käyttöikä	586
3. Mänty, lämpökäsittely	ei merkittävää eroa tuotteiden välillä	ulkoverhouksen ulkonäön kannalta ei merkittävää eroa	- tarpeellinen - puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitetut lateksi- ja öljymaalit	- huolto vuosittain - uusintakäsittely 10 - 15 vuoden välein	rakennuksen oletettu käyttöikä	1150
4. Mänty, vesilasikyllästetty	ei merkittävää eroa tuotteiden välillä	ulkoverhouksen ulkonäön kannalta ei merkittävää eroa	- tarpeellinen - puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitetut lateksi- ja öljymaalit	- huolto vuosittain - uusintakäsittely 10 - 15 vuoden välein	rakennuksen oletettu käyttöikä	1450

3.3 Terassituotteet

Terassituotteiden vertailuun valittiin markkinoilla olevista tuotteista AB-luokan kylästetty mänty, lämpökäsittely mänty, käsittelemätön mänty ja lehtikuusi. Näitä tuotteita verrattiin vesilasikyllästettyyn mäntyyn. Puutuotteiden kriittiset ominaisuudet terassituotteiden kannalta tärkeysjärjestyksessä:

1. Lahonkesto ja säänkesto
2. Kulutuksen kesto ja lujuusominaisuudet

3. Pintakäsittelyn tarve
4. Käyttöikä
5. Hävittäminen

Taulukossa 8 on terassirakentamisessa käytetyt tuotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta. Kuluttajan kannalta paras valinta on säänkestoensa ja lahonkestoensa puolesta AB-luokan kyllästetty mänty. Se on myös hankintahinnaltaan edullisin vaihtoehto.

Taulukko 8. Terassituotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta

Tuotteet kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä	Lahonkesto	Säänkesto	Kulutuksen kesto ja lujuusominaisuudet	Pintakäsittely tarve	Käyttöikä	Hävittäminen	Hankintahinta €/m ³
1. Mänty, kyllästetty AB-luokka	1. hyvä	1. hyvä	2. melko hyvä	suositellaan ulkonäkösyistä	rakennuksen käyttöikä	vaatii erikoishävittämisen	626
2. Mänty, vesilasikyllästetty	1. hyvä	2. melko hyvä	1. hyvä	suositellaan ulkonäkösyistä	rakennuksen käyttöikä	helppo hävittää	1384
3. Mänty, lämpökäsitelty	2. melko hyvä	2. melko hyvä	3. kohtalainen	suositellaan ulkonäkösyistä	rakennuksen käyttöikä	helppo hävittää	1260
4. Lehtikuusen sydänpuu, käsittelemätön	3. kohtalainen	3. kohtalainen	3. kohtalainen	välttämätön	lyhyempi kuin rakennuksen käyttöikä	helppo hävittää	1305
5. Männyn pintapuu, käsittelemätön	4. huono	5. huono	5. heikko	välttämätön	lyhyempi kuin rakennuksen käyttöikä	helppo hävittää	784

3.4 Sisälattiat

Vertailutuotteiksi sisälattiamateriaaleista valittiin tammi-, koivu- sekä pyökkiparketti. Käsittelemästä männystä ei parkettia valmisteta, sillä se on selkeästi muita puulajeja pehmeämpää. Eniten parketin hintaan vaikuttaa kulutuskerroksen puulaji, joissa

on merkittäviä eroja. Lisäksi hintaan vaikuttaa ponttirakenne sekä erilaiset pintakäsittelyvaihtoehdot. Vertailuun on valittu Karelian ja Upofloorin valmistamista parkeista tuotteita, jotka ovat keskenään vertailukelpoisia. Natur parkettilaatu on yleisimmin käytetty parkettilaatu ja on niin sanottua keskilaatua. Tässä vertailussa otetaan huomioon parketin hinnasta ja ominaisuuksista vain erot eri puulajien kesken. Taulukossa 9 on parkettimateriaalina käytetyt tuotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta. Parkettimateriaalina kuluttajan kannalta parhaat tuotteet ovat vesilasikyllästetty koivu ja tammi. Parkettien käyttöikä on vaikea määrittellä, koska parketin pintana käytetty puuviulun paksuudesta riippuu se kuinka usein sen pintaa voidaan hioa. Puun kovuus vaikuttaa parketin käyttöikänsä siten, että mitä kovempaa puu on, sitä pidempi on sen käyttöikä.

Taulukko 9. Parkettituotteet kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä

Tuotteet kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä	Kovuus	Mittapysyvyys	Hankintahinta €/m ²
1. Vesilasikyllästetty koivu	1. kova	1. erittäin hyvä	39
1. tammi	1. kova	1. erittäin hyvä	39
2. pyökki	1. kova	2. hyvä	39
3. koivu	2. melko kova	3. melko hyvä	35

Käsitlemätöntä mäntyä on saatavissa massiivipuulattiana ja sen vertailutuotteiksi valittiin käsitlemättömästä koivusta valmistettu massiivipuulattia. Käsitlemättömästä puusta valmistettuja massiivipuulattioita verrattiin vastaaviin vesilasikyllästettyihin tuotteisiin, kuten vesilasikyllästettyyn koivuun ja mäntyyn. Massiivipuulattioista on vertailuun valittu Parlfloor Oy:n valmistamista massiivipuulattioista A-laatuinen mänty sekä A-laatuinen koivu. Taulukossa 10 on massiivipuulattiamateriaalina käytetyt tuotteet paremmuusjärjestyksessä kuluttajan kannalta. Paras tuote massiivipuulattiaksi on vesilasikyllästetty koivu, koska tuotteen modifiointi lisää merkittävästi sen kovuus- ja mittapysyvyysominaisuuksia. Hankintahinnaltaan se on kallein, mutta parantuneiden ominaisuuksiensa vuoksi kestoältään on oletetusti muita tuotteita pidempi.

Taulukko 10. Massiivipuulattiamateriaalit kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä

Tuotteet kuluttajan kannalta paremmuusjärjestyksessä	Kovuus	Mittapysyvyys	Käyttöikä	Hankintahinta €/m ²
Massiivikoivu, vesilasikyllästetty	1. Kova	2. hyvä	rakennuksen käyttöikä	100
Massiivimänty, vesilasikyllästetty	2. melko kova	1. erittäin hyvä	rakennuksen käyttöikä	55
Massivikoivu, käsittelemätön	2. Melko kova	3.välttävä	rakennuksen käyttöikä	73
Massiivimänty, käsittelemätön	3. pehmeä	3. välttävä	rakennuksen käyttöikä	40

4 TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO

4.1 Ulkoverhous

Ulkoverhouksen kestävyys vaikuttaa rakenteellisten ratkaisujen lisäksi puumateriaalin kriittiset ominaisuudet. Näistä merkittävimmät ovat säänkesto ja kosteuseläminen. Modifioitujen puutuotteiden säänkesto on merkittävästi parempi kuin käsittelemättömän puutavaran. Myös puun kosteuseläminen ja tämän takia muodonmuutokset ovat näillä tuotteilla selvästi vähäisempiä. Kriittisiltä ominaisuuksiltaan, kuten säänkestoltaan ja mittapysyvyydeltään kaikki vertailutuotteet ovat kuitenkin riittävän kestäviä ulkoverhousmateriaaliksi. Säänkestolla ja mittapysyvyydellä on ulkoverhousessa lähinnä ulkonäöllinen merkitys. Pientalorakentamisessa ulkoverhouslaudat pääsääntöisesti maalataan tai muuten pintakäsitellään. Modifioitujen ja käsittelemättömien puutuotteiden pintakäsittelyohjeissa ei ole merkittävää eroa. Niiden imeytyvyys ja pysyvyys tuotteen pinnassa on kaikilla vertailutuotteilla yhtä hyvä. Oikean pintakäsittelymateriaalin valinta on tässä merkittävin tekijä.

Pientalon ulkoverhouksen käyttöikäodotus on vähintään 50 vuotta. Huolehtimalla ulkoverhouksen pintakäsittelystä ja säännöllisestä huoltokäsittelystä on oletettavaa, että kaikki vertailutuotteet täyttävät tämän vaatimuksen. Ulkoverhousessa nämä

kestävät rakennuksen käyttöiän hyväpintaisena ja ulkonäöltään hyvänä asianmukaisesti huollettuna. Pienrakentajan kannalta vertailtaessa tuotteiden pintakäsittelytarvetta on selvää, että myös niin kyllästetty kuin lämpökäsitelty puutavara useimmiten halutaan pintakäsitellä, kuten maalata. Modifioitujen puutuotteiden värinmuutos säärasituksessa on kuitenkin huomattava. Rakennuksen ulkoverhouksen halutaan yleensä säilyttävän mahdollisimman alkuperäisen ulkonäkönsä eikä harmaantunut ulkoverhous ole toivottava. Ulkoverhouksen huoltokäsittelytarpeeseen ja huoltoväleihin ei puun lämpö- tai kyllästyskäsittely erityisesti vaikuta.

Vertailtaessa näitä tuotteita ja niiden ominaisuuksia pientalorakentajan näkökulmasta on selvästikin hankintahinta merkittävin tekijä. Hankintahinnaltaan modifioidut puutuotteet ovat huomattavasti arvokkaampia kuin käsittelemätön puutavara. Modifioitujen puutuotteiden käyttö ulkoverhouksessa niiden parempien ominaisuuksien takia ei ole perusteltua. Kuusen edullisin hankintahinta ja riittävän hyvät luontaiset ominaisuudet ulkoverhouksen asettamiin vaatimuksiin tekevät siitä kannattavan materiaalivehtoehdon.

4.2 Terassituotteet

Terassituotteissa ei pelkästään rakenteellisilla ratkaisuilla pystytä riittävästi parantamaan tuotteiden kestoikää kuten esimerkiksi ulkoverhouksessa. Terassituotteita valittaessa on puutuotteiden kriittisillä ominaisuuksilla tämän vuoksi suurempi merkitys hankintahinnan lisäksi. Valittaessa oikeaa materiaalivehtoehtoa terassituotteeksi ensisijaisesti vertaillaan niiden kestävyyttä ulkokäytössä. Merkittävimmät tekijät ovat lahonkesto ja säänkesto. Lahonkesto ja säänkestävyys vaikuttavat suoraan tuotteen kestoikään siten, että mitä parempi lahonkesto ja säänkestävyys tuotteella, sitä pidempi on sen oletettu kestoikä. Valintakriteereinä tuotteen ulkonäkö ja ympäristöystävällisyys ovat myös merkittäviä tekijöitä.

Modifioitujen puutuotteiden lahon- ja säänkesto-ominaisuudet ovat selkeästi käsittelemättömiä puutuotteita paremmat. Lahonkestoltaan AB-luokan kyllästetty mänty ja vesilasikyllästetty mänty luokitellaan kestäväksi ja lämpökäsitelty mänty melko kestäväksi. Säänkestävyydeltään paras tuote on AB-luokan kyllästetty mänty. Lämpökäsitelty ja vesilasikyllästetty mänty kestävät säärasituksia kuitenkin merkittävästi

käsitlemätöntä puutavaraa paremmin. Käsitlemättömistä vertailutuotteista lehtikuusen sydänpuun lahonkestävyys ja säänkestävyys ovat männyn sydänpuuta paremmat. Käsitlemättömän männyn ja lehtikuusen pintapuun kestoikä suomen ilmasto-olosuhteissa ei ole kuitenkaan riittävän hyvä.

Kovuus- ja lujuusominaisuuksilla on myös merkitystä terassituotteita valittaessa. Parhaat kovuus- ja lujuusominaisuudet saavutetaan vesilasikyllästyksellä. Lujuusominaisuudet alenevat lämpökäsittelyssä hiukan eikä tuotetta suositella käytettäväksi kantavissa rakenteissa. Kestopuun lujuusominaisuudet eivät eroa vastaavasta käsitlemättömästä puutavarasta.

Pintakäsittelyn ja huoltotarpeiden kannalta ei modifioituilla vertailutuotteilla ole suurtakaan eroa. Säännöllisesti tehdyillä huoltotoimenpiteillä ja pintakäsittelyllä saadaan tuotteen ulkonäkö säilymään parempana sekä samalla lisätään tuotteen kestoikää. Käsitlemätön puutavara tarvitsee aina hyvän pintakäsittelyn kestääkseen ilmaston aiheuttamat rasitukset.

Hankintahinnaltaan selvästi edullisin tuote on AB-luokan kyllästetty mänty ja sen kriittiset ominaisuudet kuten lahonkesto ja säänkesto ovat hyvät. Kulutuksen kestoltaan ja lujuusominaisuuksiltaan se on hiukan muita modifioituja vertailutuotteita heikompi. AB-luokan kyllästetty puutavara on ongelmajätettä, ja se tulee elinkaarensa päätteeksi toimittaa sille erikseen järjestettyihin keräyskohteisiin. Tuotteena se ei ole ympäristöystävällinen, mikä saattaa vaikuttaa valintaa tehtäessä.

Vesilasikyllästetyn ja lämpökäsittelyn männyn kuutiohintaa ei merkittävästi eroa toisistaan. Vesilasikyllästetyn männyn lahonkesto, kovuus- ja lujuusominaisuudet ovat kuitenkin lämpökäsittelystä mäntyä paremmat. Lämpökäsittelyn männyn etuna on sen käsittelyssä saatu lämmin värisävy. Kumpikin tuote on ympäristöystävällisesti käsiteltyä, joten niiden hävittäminen elinkaarensa päätteeksi on yhtä helppoa kuin käsitlemättömän puutavaran.

Käsitlemättömän lehtikuusen käyttö terassituotteissa eivät ole halvempaa, ja koska sen kriittiset ominaisuudet eivät ole läheskään yhtä hyviä kuin modifioitujen puutuotteiden, ei sen käyttö terassirakentamisessa ole perusteltua. Lehtikuusta käyte-

täänkin lähinnä ulkonäkösyistä, mutta sen saatavuus on erittäin huono. Käsittelemättömän männyn hankintahinta on edullisempi kuin modifioitujen puutuotteiden lukuun ottamatta AB-luokan käsiteltyä mäntyä, joka on vertailutuotteista edullisin. Männyn pintapuun kestävyys ulko-olosuhteissa on riittämätön, eikä sen käyttö terassituotteiden materiaalina ole perusteltua.

4.3 Sisälattiat

Sisälattiamateriaali valitaan usein ulkonäön ja hankintahinnan perusteella. Merkittäviä ominaisuuksia ovat myös lattiapinnan kovuus ja kulutuksen kesto, jotka vaikuttavat tuotteen käyttöikänsä. Puun kosteuseläminen ja tätä kautta mittapysyvyys on myös huomioon otettava tekijä.

Vertailtavista parkettituotteista on perinteinen tammi ja pyökki selvästi parhaiten kulutusta kestäviä niiden luontaisen kovuuden vuoksi. Koivun luontainen kovuus on melko alhainen verrattuna tammeen tai pyökkiin. Selkeästi pehmein puulaji on mänty ja siksi siitä ei valmistetakaan parketteja. Vesilasikyllästys nostaa puulajien kovuutta siten että esimerkiksi koivusta tulee yhtä kovaa kuin tammi ja männystä vastaavasti yhtä kovaa kuin koivu.

Erittäin hyvä mittapysyvyys käsittelemättömistä vertailutuotteista on tammella ja pyökillä. Käsittelemättömän koivun mittapysyvyys on hyvä. Parketeissa tämä puulajin luontainen mittapysyvyys ei niinkään ole oleellinen tekijä, koska parkettien ristiinliimattu rakenne estää merkittävästi kosteudesta johtuvia muodonmuutoksia. Massiivipuulattioissa muodonmuutokset ovat huomattavasti merkittävämpi tekijä. Vesilasikyllästyksellä pystytään pienentämään puun kosteuselämistä, ja tätä kautta mittapysyvyys paranee.

Sisälattiamateriaalia valittaessa on tuotteen ulkonäöllä suuri merkitys. Ulkonäön perusteella on kuitenkin vertailutuotteita vaikea laittaa paremmuusjärjestykseen, koska kuluttajan mieltymykset vaihtelevat hyvinkin paljon.

Hankintahinnaltaan vesilasikyllästetystä koivusta valmistetut sekä käsittelemättömästä tammesta ja pyökistä valmistetut parketit ovat lähes samanhintaisia. Niiden

kovuus ja kulutuksen kesto sekä mittapysyvyys ovat samaa luokkaa, joten valinta niiden välillä voidaan tehdä kuluttajan parketille asettamien ulkonäkövaatimusten perusteella. Valittaessa lattiamateriaalia vaikuttaa raaka-aineen alkuperämaa myös jonkin verran. Vesilasikyllästyksellä voidaan parantaa merkittävästi kotimaisten puulajien kovuus- ja mittapysyvyyssominaisuuksia vastaamaan ulkomaisten puulajien, kuten tammen ja pyökin, ominaisuuksia.

Massiivipuulattioissa käsittelemätön mänty ja koivu ovat hankintahinnaltaan noin 20 % vesilasikyllästettyjä tuotteita edullisempia. Männyn luontainen kovuus ja kulutuksen kesto on melko heikko. Koivu on mäntyä kovempaa puuta, mutta senkään kulutuksen kesto ei ole kovin hyvä. Vesilasikyllästyksellä saadaan niin männyn kuin koivunkin puulajille ominaista kovuutta ja kulutuksen kestoja parannettua merkittävästi. Tämä lisää niiden kestoikää, ja sitä kautta myös niiden käyttö on kannattavaa korkeammasta hankintahinnasta huolimatta. Vesilasikyllästys lisää puun palonkestominaisuuksia huomattavasti, ja vaikka rakennusmääräyksissä ei ole määriteltä pientalojen sisälattiamateriaaleille erityisiä palonkestovaatimuksia, parantaa se kuitenkin rakennuksen paloturvallisuutta.

Sisälattiamateriaalina on perusteltua ja kannattavaa käyttää vesilasikyllästettyjä puutuotteita käsittelemättömien puutuotteiden sijasta.

4.4 Yhteenveto

Modifioitujen puutuotteiden käytön kannattavuus riippuu täysin rakentamisen kohteesta ja sille asetetuista vaatimuksista. Käsittelemättömän puutavaran luontaiset ominaisuudet ovat riittävän hyvät esimerkiksi ulkoverhouksessa. Hankintahinnaltaan edullinen käsittelemätön kuusen sydänpuutavara soveltuu luontaisten ominaisuuksiensa perusteella hyvin ulkoverhousmateriaaliksi. Modifioitujen puutuotteiden käyttäminen ulkoverhouksessa ei ole kilpailukykyinen vaihtoehto, koska niiden hankintahinta on merkittävästi käsittelemättömän kuusen hankintahintaa korkeampi eikä modifioitujen puutuotteiden käyttö anna merkittävää lisäarvoa ulkoverhoukselle. Jos valintakriteereihin olisi otettu mukaan tuotteen imago, arkkitehtuuriset näkökohdat sekä palonkestävyys, olisi tutkimuksen lopputulos mahdollisesti toisenlainen. Pien-

talorakentamisen kannalta näillä seikoilla ei kuitenkaan ole kovin suurta merkitystä, vaan ne koskevat lähinnä rivitalo- ja kerrostalorakentamista.

Terassituotteissa puun käsittely lisää sen kestävyyttä ja käyttöikää merkittävästi. Tästä syystä terassituotteiden materiaalina on syytä käyttää modifioituja puutuotteita. Niiden kestoikä on huomattavasti pidempi kuin vastaavan käsittelemättömän puutavaran. Tämän perusteella ne soveltuvat erittäin hyvin ulkokäyttöön. Modifioituista puutuotteista AB-luokan käsitelty mänty on edullisin ja kriittisiltä ominaisuuksiltaan hyvä vaihtoehto terassirakentamiseen. AB-luokan kyllästetyn männyn huonona puolena on sen kyllästysaineiden myrkyllisyys. Muiden vertailussa olevien modifioitujen puutuotteiden hankintahinta ei merkittävästi eroa toisistaan, joten valintaan niiden välillä vaikuttaa lähinnä tuotteen ulkonäkö ja käyttökohteen vaatimukset. Lämpökäsitelty ja vesilasikyllästetty puutavara ovat ympäristöystävällisiä tuotteita, ja se on merkittävä valintaan vaikuttava tekijä.

Sisälattiamateriaaleissa puutuotteen modifioinnilla voidaan parantaa tuotteiden luontaisia ominaisuuksia merkittävästi. Tämä lisää sisälattian käyttöikää ja tekee modifioidun puutuotteen käytön kannattavaksi korkeammasta hankintahinnasta huolimatta. Etenkin massiivipuulattian raaka-aineena vesilasikyllästetty puutavara on kilpailukykyinen vaihtoehto. Kotimaisten puulajien modifioinnilla saadaan myös nostettua niiden kilpailukykyä suhteessa tuontipuulajeihin. Vesilasikyllästys lisää puun palonkestoa huomattavasti, mikä on huomattava turvallisuustekijä myös pientalorakentamisessa.

Tarkempaan vertailuun olisi ollut tarpeen selvittää myös eri puutuotteiden saatavuus. Vertailuun ei esimerkiksi otettu öljykyllästetty puutavaraa, koska pienrakentajan kannalta sen saatavuus näihin tutkimuksen kohteena oleviin rakennuskohteisiin on erittäin heikko. Puutavaran hintaan vaikuttaa myös niiden mitat ja profilointi. Tässä työssä on hintavertailu tehty vain kunkin kohteen yleisimmin käytetyn puutavaran mittojen mukaan. Mielestäni tällä menetelmällä saatiin riittävän tarkasti selville vertailutuotteiden raaka-aineen hintasuhteet.

Vertailtaessa tuotteiden hankintahintoja on myös otettava huomioon, että vesilasikyllästetyn puutavaran hinta on arvio. Tuote ei ole vielä teollisessa tuotannossa

ja sen todellisen hankintahinnan muodostumiseen vaikuttaa tuotantokustannuksien lisäksi kysyntä. Tuote vaikuttaisi kuitenkin olevan kilpailukykyinen verrattaessa sitä muihin tutkimuksen kohteena oleviin modifioituihin puutuotteisiin.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että modifioitujen puutuotteiden kilpailukyky suhteessa käsittelemättömään puutavaraan riippuu merkittävästi rakentamisen kohteesta. Sellaisissa kohteissa, joissa puun luontaiset ominaisuudet ovat riittävän hyviä vastaamaan kyseiselle kohteelle asetettuihin vaatimuksiin, ei ole kannattavaa käyttää hankintahinnaltaan kalliimpia modifioituja puutuotteita.

Modifioitujen puutuotteiden hankintahinta on korkea, mutta puun modifiointi parantaa puutuotteiden kriittisiä ominaisuuksia. Kohteissa, joissa rakentamisen kannalta selvästi parantuneet kriittiset ominaisuudet lisäävät tuotteen käyttöikä, on niiden käyttö korkeasta hankintahinnasta huolimatta kannattavaa.

LÄHTEET

Boren, H. 2009. Haastattelut. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Häkkinen, T., Vares, S., Vesikari, E. ja Karhu V. 2001. Rakennusten elinkaaritekniikka - tuoteinformaatio käyttösuunnittelun tueksi. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen julkaisuja.

Isosaari, K. 2009. Säänkestoa kemikaaleilla vai kuumuudella?. Rakennusmaailma 3: 16 - 20.

Kestopuu.2009. Kestopuu-tuoteinfo. <http://www.kestopuu.fi>. Luettu 2.9.2009.

Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Metsälehti kustannus, Hämeenlinna.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. 2002. Puunsuojaus. Luentomoniste.

Lämpöpuuyhdistys. 2003a. ThermoWood-käsikirja. Wood Focus, Helsinki.

Lämpöpuuyhdistys. 2003b. ThermoWood - Pintakäsittelykäsikirja. Wood Focus, Helsinki.

Parketti Herala. 2009. Puulajien soveltuvuus eri käyttökohteisiin.
<http://www.parkettiherala.fi/puulajit.htm#kovuustaulukko>. Luettu 2.5.2009.

Parketti Romanoff. 2009. Parkettitietoa.
<http://www.parketti-romanoff.fi/fi/parkettitietoa/puulajit>. Luettu 25.4.2009.

Puuinfo.2009. Kuluttajien palvelut.
http://www.puuinfo.fi/fi/kuluttajien_palvelut/puu_ulkona/piharakentaminen. Luettu 4.4.2009.

Puuproffa. 2009. Lujuusominaisuudet. <http://www.puuproffa.fi/arkisto/lujuus.php>.
Luettu 2.3.2009.

Rakentaja.fi. 2009. Terassit ja laiturit <http://www.rakentaja.fi>. Luettu 5.3.2009.

Rakentaja.fi. 2009. Puujulkisivut. <http://www.rakentaja.fi>. Luettu 24.5.2009.

RT 29-10572. 1995. Puujulkisivujen uudis- ja huoltomaalaus. Rakennustieto.

RT 82-10829. 2004. Puujulkisivut. Rakennustieto.

SFS-EN 350-2. 1995. Durability of wood and wood based products. Natural durability of solid wood. Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe, Suomen standardoimisliitto.

Tyrväinen, H. 2003. Rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen suunnittelu. Teknillinen korkeakoulu, raportti.

Viitanen, H. 2003. Rakenteiden käyttöikämitoitus – Puurakenteet. VTT. raportti.

Virta, J. 2000. Puu-ulkoverhosten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillinen korkeakoulu. raportti.

Ympäristöministeriö. 2002. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma E1.

SISÄLATTIAHINNAT**Parketit**

Luokka: Natur, kolmisauvainen

			ka-hinta
Tammi	Karelia	39,20 €	39,34 €
	Upofloor	39,47 €	
Pyökki	Karelia	38,90 €	38,80 €
	Upofloor	38,70 €	
Koivu	Karelia	34,20 €	34,70 €
	Upofloor	35,20 €	

Vesilasikyllästetystä puutavarasta tehtynä parketin hinta**Koivu** **39,34** Arvio hinnasta/ Hannu Boren**Massiivipuulattiat**

ParlaWood -hinnat

Käsittelemätön puu/ A-laatu, lakattu

Mänty, 20*138*2000 39,63 €

Koivu 20*200*2000 73,14 €

Vesilasikyllästettynä vastaavat

Mänty 55,00 € Arvio hinnasta/ Hannu Boren

Koivu 100,00 € Arvio hinnasta/ Hannu Boren

LIITE 2

ULKOVERHOUSTUOTTEET

	Kuusi, hienosahattu	Dimensio	jm	hinta/jm	m³	m³=jm	€ / m³	
	Starkki	0,02	0,095	1	1,2	0,0019	526,32	631,58 €
	Starkki	0,02	0,12	1	1,48	0,0024	416,67	616,67 €
	K-Rauta	0,02	0,095	1	0,84	0,0019	526,32	442,11 €
	K-Rauta	0,02	0,12	1	0,89	0,0024	416,67	370,83 €
							ka-hinta/ m³	515,30 €
	Mänty, hienosahattu (hinta on vastaavaa kuusta n. 10-20 senttiä kalliimpaa, olen hinnoitteluun lisännyt 0,15 senttiä)							
	hienosahattu, mänty	0,02	0,095	1	1,35	0,0019	526,32	710,53 €
	hienosahattu, mänty	0,02	0,12	1	1,63	0,0024	416,67	679,17 €
	hienosahattu, mänty	0,02	0,095	1	0,99	0,0019	526,32	521,05 €
	hienosahattu, mänty	0,02	0,12	1	1,04	0,0024	416,67	433,33 €
							ka-hinta/ m³	586,02
	Lämpökäsitelty mänty							
K-Rauta	lämpökäsitelty	0,019	0,117	1	2,79	0,002223	449,84	1 255,06 €
K-Rauta	lämpökäsitelty	0,026	0,092	1	2,5	0,002392	418,06	1 045,15 €
							ka-hinta/ m³	1 150,11 €
	Vesilasikyllästetty mänty, (käsittelemättömän männyn kuutiahintaan lisätty 300,- käsittelyn hinnaksi)							
Kyamk	hienosahattu, mänty+vesikyllästys	0,02	0,095	1				1 555,06 €
Kyamk	hienosahattu, mänty +vesilasikyllästys	0,02	0,12	1				1 345,15 €
							ka-hinta/ m³	1450,11

TERASSITUOTTEET

	Lämpöpuu, mänty							
Starkki	Thermowood, uritettu	0,026	0,092	1	3,2	0,002392	418,06	1 337,79 €
Starkki	Thermowood, uritettu	0,026	0,118	1	5,2	0,003068	325,95	1 694,92 €
K-Rauta	Thermowood, uritettu	0,026	0,09	1	2,35	0,00234	427,35	1 004,27 €
K-Rauta	Thermowood, uritettu	0,026	0,09	1	2,35	0,00234	427,35	1 004,27 €
							ka-hinta/ m³	1 260,31 €
	AB-luokan kestopuu							
Starkki	Kesto höylätty AB	0,028	0,12	1	2,5	0,00336	297,62	744,05 €
Starkki	Kesto höylätty AB	0,028	0,095	1	2,05	0,00266	375,94	770,68 €
K-Rauta	Kesto höylätty AB	0,028	0,095	1	1,29	0,00266	375,94	484,96 €
K-Rauta	Kesto höylätty AB	0,028	0,12	1	1,69	0,00336	297,62	502,98 €
							ka-hinta/ m³	625,67 €
	Käsittelemätön lehtikuusi							
Starkki	Lehtikuusi	0,028	0,095	1	3,5	0,00266	375,94	1 315,79 €
Starkki	Lehtikuusi	0,028	0,12	1	4,35	0,00336	297,62	1 294,64 €
							ka-hinta/ m³	1 305,22 €
	Käsittelemätön mänty							
Starkki	Mänty, höylätty, oksainen	0,028	0,095	1	2,02	0,00266	375,94	759,40 €
Starkki	Mänty, höylätty, vähäoksainen	0,028	0,12	1	2,72	0,00336	297,62	809,52 €
							ka-hinta/ m³	784,46 €
	Vesilasikyllästetty mänty, (käsittelemättömän männyn kuutiahintaan lisätty 300,- käsittelyn hinnaksi)							
Kyamk	Mänty, höylätty+ vesilasikyllästys	0,028	0,095	1				1 359,40 €
Kyamk	Mänty, höylätty+ vesilasikyllästys	0,028	0,12	1				1 409,52 €
							ka-hinta/ m³	1 384,46 €