



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# TIKKIKANNEN KEHITTÄMINEN

Tuotekehitysprojekti

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Puutekniikan koulutusohjelma  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Henri Voitto

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikka

VOITTO, HENRI:

Tiikkikannen kehittäminen  
Tuotekehitysprojekti

Puutekniikan opinnäytetyö, 57 sivua, 11 liitesivua

Kevät 2012

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää RMJ Saksman Oy:n kehittämän vanerirakenteisen veneen kansikappaleen, eli plytiikin, soveltuvuutta käyttökoh-teeseensa. Uuden rakenteen soveltuvuutta verrattiin pääasiassa tiikkikansiin niiltä osin kuin se oli mahdollista. Tutkimuksissa keskityttiin säänkestoon, pinnanko-vuuteen ja pinnan kulutuskestävyyteen. Uuden rakenteen perimmäisenä lähtökoh-tana on ollut materiaali- ja työkustannusten vähentäminen. Veneteollisuudessa käytettävien jalopuiden hinta on moninkertainen verrattuna esimerkiksi suomalai-seen vaneriin, minkä vuoksi plytiikissä suurin osa tiikistä on korvattu vanerilla.

Työn teoriaosuudessa tutkitaan tuotekehitystä erityisesti puuteollisuuden kannalta. Tuotekehitys on tässä tapauksessa ns. perinteistä, eli se ei ole täysin joustavaa, mikä on ominaista suomalaisille pk-yrityksille.

Kokeellisessa osassa keskeisimpiä tavoitteita oli mitoittaa, suunnitella ja valmis-taa plytiikistä koesarja, joka asennettiin toimeksiantajan veneeseen käytännön testausta varten. Koesarjaan valmistettiin yhteensä neljä eri osaa, joista yhteen valmistettiin reunalistat. Kappaleet sijoitettiin veneen uimatasoon ja kannelle. Muita tehtäviä oli eri koekappaleiden suunnittelu, valmistus ja koestaminen Lah-den ammattikorkeakoulun puutekniikan sekä huonekalutestauksen laboratorioissa.

Kokeissa saavutettujen tulosten myötä voidaan valita ominaisuuksiltaan paras vaneri plytiikin runkomateriaaliksi. Tulosten myötä voidaan myös esittää suhteel-lisen tarkkoja arvioita plytiikin kestävydestä ja sen eliniästä.

Avainsanat: tuotekehitys, tiikkikansi, Brinell-kovuus, kulutuskestävyys, vaneri, tiikki

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Wood Technology

VOITTO, HENRI:

Developing a teak deck for boats  
Product development project

Bachelor's Thesis in Wood Technology 57 pages, 11 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

---

The purpose of this thesis was to examine what type of the plywood based teak structure called Plyteak would be the most suitable for boat decks. Plyteak has been developed by RMJ Saksman Oy. The suitability of Plyteak was compared to traditional teak decks. The tests focused on weather durability, surface hardness and wear resistance. The starting point of the new structure has been the minimization of material and labor costs. The rare hardwood species that are used in the boat industry are many times more expensive than for example Finnish plywood, which is the main reason why most of the teak in Plyteak is replaced with plywood.

The theoretical part focuses on product development especially in the wood industry. In these cases the product development is so called traditional – i.e. not entirely flexible – which is typical at Finnish small- or medium-sized businesses.

The main objectives in the experimental part were to dimension, design and manufacture a test batch of boat decks made of plyteak for the client's boat for practical testing. A total of four different prototypes were manufactured for the test batch. Other tasks were to design and manufacture the test specimen to be used in the tests. Testing was carried out in the laboratories of Lahti University of Applied Sciences.

With the test results it is possible to choose the best option for Plyteak's core plywood. Relatively precise estimates of Plyteak's durability and lifetime can also be made.

Key words: product development, teak deck, Brinell-hardness, durability, plywood, teak

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUOTEKEHITYS	2
2.1	Tuotekehityksen vaiheet	3
2.1.1	Kehittämistarve ja kehittämisen lähtökohdat	4
2.1.2	Tuotekehitysstrategia	5
2.1.3	Tuotekehityksen tavoitteet	7
2.1.4	Varsinaisen tuotekehityksen eri vaiheet	8
2.2	Tuotekehityksessä huomioon otettavia asioita	13
2.2.1	Tuotteen laatu	13
2.2.2	Tekniset määräykset	13
2.3	Tuotekehitys tässä projektissa	14
3	PLYTIIKKI	15
3.1	Markkinoilla olevia kilpailijoita	17
3.2	Kansipalojen valmistuksen vaiheet	21
3.3	Valmistus valmiista levystä	23
3.4	Plytiikin valmistus tässä työssä	24
3.4.1	Käytännön kokeisiin tehty sarja	24
3.4.2	Rasitustesteihin tehdyt kappaleet	27
4	RASITUSTESTIT	28
4.1	Sääkaappitestausta	28
4.2	Säärasitustesti	29
4.3	Brinell-kovuustesti	30
4.4	Taber-hankaustesti	32
5	TULOSTEN ANALYSOINTI	33
5.1	Sääkaappitestausta	33
5.1.1	Massoihin perustuva analysointi	33
5.1.2	Visuaalinen analysointi	34
5.2	Säärasitustesti	38
5.2.1	Massoihin perustuva analysointi	38
5.2.2	Visuaalinen analysointi	39
5.3	Brinell-kovuustesti	43
5.4	Taber-hankaustesti	47

5.5	Johtopäätökset	49
6	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	54
	LIITTEET	58

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin salolaisen RMJ Saksman Oy:n toimeksiantona. RMJ Saksman valmistaa pääasiassa veneenosia, kuten kalusteita ja tiikkikansia. Työn tavoitteena oli selvittää yhtiön kehittämän tuotteen, eli plytiikin, ominaisuuksia tiikistä valmistettuihin kansipaloihin verraten. Plytiikin ja tiikin välisiä eroja pyrittiin selvittämään testeillä, jotka jotenkin simuloivat veneilykauden kuluessa esiintyviä rasituksia. Kahtena osatavoitteena oli selvittää plytiikin runkovaneriksi parhaiten soveltuva vaneri ja etsiä valmiiksi sopivan vanerin toimittaja. Työn tekeminen aloitettiin keväällä 2011, jolloin suoritettiin ensimmäiset testaukset sääkaapissa. Projekti jatkui kesällä, jolloin suoritettiin veneen kannen mallinnus, plytiikki-sarjan suunnittelu ja valmistaminen. Kappaleet liimattiin veneeseen kesäkuussa 2011, minkä jälkeen alkoi käytännön testaus. Tällä hetkellä koesarjalla on siis yksi veneilykausi takanaan. Loput testaukset suoritettiin loppuvuoden 2011 ja alkuvuoden 2012 aikana. Näillä testeillä haluttiin selvittää plytiikin elinikä ja se, kuinka suuri se on verrattuna toimeksiantajan tiikistä valmistettuihin kansituotteisiin.

Veneiden kansilla kappaleet altistuvat melko rankoille sääilmiöille ja rasituksille, kuten auringonvalolle, sateelle ja mahdollisesti suolaiselle vedelle, kävelyllä ja muusta mekaanisesta rasituksesta aiheutuvalle kulumiselle. Tämän vuoksi veneen osien ja veneen valmistajien toimesta on kehitetty useita tuotteita kohtaamaan nämä haasteet. Perinteisesti tiikillä valmistetut kannet ovat hyvin arvokkaita niissä käytetyn materiaalin ja suoritetun työn vuoksi. Kehitetyllä tuotteella pyritään minimoimaan kumpaakin.

Työn kokeellinen osa käsittelee näitä edellä mainittuja asioita. Teoreettiseksi osaksi valittiin tuotekehitys, koska työn käsittelemät asiat koskevat prototyypin testausta. Tuotekehitystä tutkitaan erityisesti puuteollisuuden kannalta.

## 2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitystoiminnalla tarkoitetaan nimensä mukaisesti toimintaa, jolla kehitetään jotenkin jo olemassa olevia tuotteita. Tuotekehityksen onnistuessa välttyään tilanteelta, jolloin yrityksen tarjoamat tuotteet ovat vanhentuneita, mikä taas aiheuttaa myynnin vähenemisen, ja tilanteen pysyessä samana lopulta myynnin loppumisen kokonaan. Onkin selvää, että yksi yrityksen menestymisen kannalta keskeisin asia on onnistunut tuotekehitystoiminta. (Jokinen 1999, 9.)

Tuotekehityksessä voi olla kyse kokonaan uuden tuotteen tai palvelun luomisesta, mutta kehitystyössä saatetaan keskittyä myös olemassa olevan tuotteen kehittämiseen, niin että siitä tulee ominaisuuksiltaan parempi. Yleensä keskitytään myös valmistukseen ja sen kehittämiseen, jolloin on mahdollista tuottaa tuotetta pienemmillä valmistuskustannuksilla. Muita eri syitä tuotekehitykseen voivat olla mm. yritystoiminnan laajentaminen, tuotevalikoiman täydennys, raaka-aineresurssien tai sivutuotteiden parempi hyödyntäminen. (Rissanen 2002, 182.) Tuotekehitystä voi myös olla jonkin olemassa olevan järjestelmän sovittamista toiseen käyttötarkoitukseen, jolloin järjestelmään suunnitellaan vain yksittäisiä osia kokonaisuuden sijaan. Syntyneessä ratkaisussa peruseriaatteet säilyvät ennallaan, eikä alkuperäisenä tavoitteenakaan ole täysin uuden tuotteen luominen. (Jokinen 1999, 10.)

Yleisesti vallitsee mielipide, jonka mukaan tuotekehitystyö on hyvin myönteistä toimintaa, sillä sitä kannustetaan julkisesti, mm. taloudellisesti. Tuotekehityspainotteisessa toimintastrategiassa yrityksellä on kuitenkin voimakkaat riskit ja pahimmassa tapauksessa jopa konkurssiuhka. Toisin sanoen liiketaloudellinen menestys ei ole automaattisesti voimakkaan tuotekehitystyön seurausta. (Rissanen 2002, 172.)

Suurimmalla osalla maailman miljoonista yrityksistä palvelu- ja tavaratuotteet ovat syntyneet vuosia kestäneen kehitysprosessin eli historiallisen kehitysprosessin tuloksena. Tällöin kehitystyölle on ominaista, että yrityksen oma panos kehitystyöhön on melko pieni, kehitystyö ei ole tietoista, eikä analyttistä. Esimerkkinä tästä voisi mainita parturipalvelut, joita on tarjolla joka puolella maailmaa,

missä on asutustakin. Kuitenkin kehittyneissä maissa parturipalvelut ovat saaneet hyvin monia eri lisäilmeitä mm. muodin vaikutuksesta. (Rissanen 2002, 173.)

Periaatteessa edellistä päinvastaisen kehitystoiminnan muoto on aktiivisen, tavoitteellisen ja tietoisin kehitystyön tulos. Tämä muoto on hyvin tyypillinen läntisissä markkinatalousmaissa, kuten Suomessa. Uusien tuotteiden markkinoille pääsy on erittäin vaikeaa, minkä vuoksi vain pieni osa kaikista lukuisista ideoista saavuttaa markkinat kannattavasti. Monesti tilanne on se, että asiakkaat hyväksyisivät tuotteet, mutta tuote on sitä valmistavalle yritykselle jotenkin kannattamaton. Tuotteilla pyritään täyttämään asiakkaiden tarpeet likimain kokonaisvaltaisesti, mikä on haastavaa maailman muuttuen todella nopeasti. Tämän vuoksi maailmalla on kova pula uusista ideoista. (Rissanen 2002, 173.)

Tuotekehitysprosessin tuloksia voidaan hyödyntää liiketoiminnassa 2 - 10 vuoden viiveellä, jolloin voidaan puhua melko hidaskaikuteisesta toiminnasta. Hyvien tuotekehitystulosten varmistamiseksi yrityksen tulisi käyttää siihen riittävästi resursseja, mikä on Suomessa harvemmin totta, suomalaisten yritysten käyttäessä varsin vähän rahaa tuotekehitykseen kansainvälisessä vertailussa. Pieni panostus tuotekehitystoimintaan on usein sidoksissa suoraan pieniin voittoihin. Tuotekehitykseen laitettava resurssimäärä on myös huomattavan erisuuruinen eri toimialojen välillä. Kärkipäässä on korkeateknologiaa hyödyntävät yritykset kuten lääketieteellisyys ja pienimmässä päässä esim. metallin perusteellisyys. (Rissanen 2002, 182–183.)

## 2.1 Tuotekehityksen vaiheet

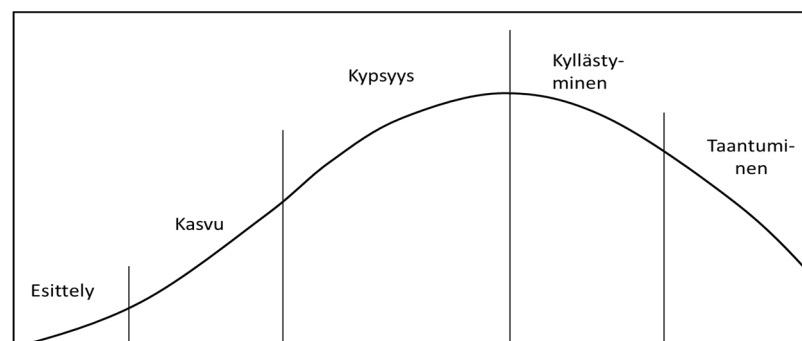
Tuotekehityksen kulusta ja eri vaiheista on olemassa monia erilaisia versioita. Tässä työssä esitellään perinteinen tuotekehitysmenetelmä, jonka uskotaan soveltuvan suomalaiselle puualan yritykselle melko hyvin. Toisaalta joitakin asioita on ajateltu varsinkin suurempien yritysten näkökulmista, jolloin pienempien yritysten tuotekehitys ei ole yhtä organisoitua ja järjestelmällistä kuin tässä työssä esitetyt vaiheet ja menetelmät. Eri vaiheiden soveltaminen kullekin yritykselle sopivaksi on erittäin suositeltavaa.



Yleisesti puutuotteiden kehittäminen, ja erityisesti *peruspuutuotteiden*, kuten puutavaran ja erilaisten puulevyjen osalta, keskittyy valmistusprosesseihin tuotteiden ollessa hyvin standardoituja. Kehityksen pääkohtia ovat tämänlaisissa tilanteissa eri prosessien tehostamista kustannuksia alentaen, valmistuskapasiteetin nostamista ja laadun takaamista. Näissä tuotteissa merkittävällä sijalla ovat asiakkaiden tarpeet ja niiden huomioiminen. Rakentamiseen valmistetuilla *teknisillä puutuotteilla* (EWP, Engineered Wood Products) on ominaista, että ne koostuvat useista eri osista. Rakentamisen lait ja säädökset määräävät pääosin ko. tuotteiden kehittämismahdollisuudet. Kahdesta edeltävästä tuoteryhmästä paljolti poikkeavia tuotteita ovat *käyttöpuutuotteet*, joiden kehittämisessä määräävät tekijät ovat suunnittelu, muotoilu ja taiteellisuuden painottuminen. (Koponen 1999, 29.)

### 2.1.1 Kehittämistarve ja kehittämisen lähtökohdat

Varsinaista tuotekehitystä ennen suoritetaan arviointeja ja lähtökohtiin tutustumista. Tällöin saadaan yritykseen hyvä kuva siitä, minkälainen on koko tuotteiston kehittämistarve. Kehittämistarpeen arvioinnissa keskitytään kehitettävän tuotteen elinkaareen, kehittämisen ajoitukseen, kehittämistarpeen voimakkuuden arviointiin, asemaan markkinoilla, kilpaileviin tuotteisiin, tuotekehitystarpeisiin ja yrityksen kaikkien tuotteiden kannattavuusjärjestykseen. Tuotteen elinkaari kuvastaa tuotteen myynnin kehittymistä markkinoilla lanseerauksen jälkeen esittelystä myynnin taantumiseen. Kuviosta yksi voidaan havaita, että hyvällä tuotteella elinkaarelle on tyypillistä alun eksponentiaalinen kasvu, joka tasaantuu vähitellen kypsyysvaiheessa ja lähtee laskuun yleensä kilpailijoiden vaikutuksesta. (Koponen 1999, 30.)



KUVIO 1. Myynnin kehitys tuotteen elinkaaren aikana (Koponen 1999, 30)

Kehittämisen ajoituksen on oltava riittävän aikainen uuden tuotteen osalta, ja sen on oltava suhteessa edellisten tuotteiden elinkaareen. Tuotteiden kehittäminen vie yleensä vuosia, jolloin ollaan helposti tilanteessa, jossa myyntipiikit seuraavat toisiaan aaltojen lailla, eivät korosta toisiaan. Kehitystyön alkaessa tarpeeksi aikaisessa vaiheessa voidaan hyödyntää edellisen tuotteen myynnin alkukasvu. Kypsyysvaiheessa uusi tuote tuodaan markkinoille, jolloin kasvu jatkuu edelleen. Mikäli toimintaan näin, voidaan puhua aktiivisesta tuotteiden kehittämisestä, millä on paremmat edellytykset kannattavaan yritystoimintaan. Yrityksen tulevaisuutta ajatellen olisi järkevää kehittää erilaisia vaihtoehtoja vaikeiden aikojen varalle. Tuotevalikoimassa olisi syytä olla tuotteita, jotka ovat kannattavia nykyhetkellä, mutta tulevaisuuden varalle pitäisi olla uusia tuotteita tulevaisuuden turvaamiseksi. (Koponen 1999,32.)

Kehitystyötä ja sen lähtökohtia ajateltaessa tarkastellaan seikkoja, jotka vallitsevat tällä hetkellä. Yrityksen on syytä tarkastella nykyisiä tuotteita ja kykyään vastamaan kilpailutilannetta. Puuteollisuuden tuotteita ajatellen suurin osa niistä lukeutuu tuotantohyödykkeisiin, joita voivat olla esim. kalustekomponentit ja puolivalmisteet. Näiden markkinat ovat melko merkittävät, koska niitä tarvitaan esim. kuluttajatuotteiden valmistamiseen. Tuotteistoa kehiteltäessä on keskityttävä nykyisten tuotteiden ja pahimpien kilpailijoiden tuotteiden vertailuun. Vertailussa keskitytään tuotteiden hintaan, kannattavuuteen, muuhun tuotteistoon sopimiseen ja elinkaareen. (Koponen 1999, 35.)

Tuotteiden valmistusta on ajateltava nykyisten puitteiden osalta. Puualan yrityksissä on tyypillistä, että tuotanto on jonkin verran prosessiluontoista. Tällöin tuotantolinjat on suunniteltu tietyille tuotteille eikä riittävää joustoa ilman lisäinvestointeja ole, mikä rajoittaa täysin uusien tuotteiden valmistuksen aloittamista. (Koponen 1999, 36.)

### 2.1.2 Tuotekehitysstrategia

Erilaisia tuotekehitysstrategioita esitellään tässä yhteydessä viisi. Tuotekehitykseen asetettu panos ja resurssien määrä vähenevät ensimmäisestä strategiasta viimeiseen mentäessä. On huomattava, että kyseessä on voimakkaasti pelkistetty

luokittelu. Eri strategiat ovat eroteltu tuotteiden ensiesittelyajankohtien mukaan. Tätä voidaan kutsua myös ns. uutuustasoon viittaavaksi tuotekehitykseksi, joka on yksi monista tuotekehityksen muodoista; muita kehitysmuotoja ovat esim. kilpailu-, asiakas- ja teknologialähtöinen kehitystyö (KATMI Consulting Oy 2002). Yrityksen kokonaistoiminnassaan käyttämä strategia vaikuttaa myös jonkinasteisesti tuotekehitystoimintaan. (Koponen 1999, 38.)

Ensimmäisenä tuotteensa markkinoille esittelee edelläkävijä, jolla on innovatiiviset tuotteet. Alun suurin kysyntä kohdistuu tämänlaisen yrityksen tuotteille, joita pitää olla kehitettynä koko ajan, sillä yritys luopuu tuotteesta heti, kun kilpailijoita ilmaantuu samoille markkinoille ja myynnin edistämiseksi olisi pudotettava hintoja. Tässä vaiheessa yritys esittelee jälleen uuden tuotteen, jolloin kierto alkaa taas alusta. (Koponen 1999, 38.)

Toisena markkinoille astuvan yrityksen tuotteen esittely ajoittuu elinkaaren kasvuvaiheeseen ennen muuta merkittävää hintakilpailua. Tuotteet ovat samantapaisia kuin edelläkävijä, tiedot niiden valmistamiseen on hankittu ja omaksuttu nopeasti markkinoiden ensimmäisestä tuotteesta. Yritys ei pysty hyötymään markkinoiden kovimmasta alkupään kysynnästä, mutta sillä ei kuitenkaan ole yhtä suuria riskejä toiminnassaan kuin ensimmäisenä markkinoita valtaavilla yrityksillä. (Koponen 1999, 39.)

Kolmantena on vuorossa yritys, joka soveltaa ensimmäisen ja toisen yrityksen tuotteita. Elinkaaren vaihe, jossa näin käy, on kutakuinkin kypsyyssvaihe, jolloin myynti alkaa pikkuhiljaa hiipua. Yrityksen tuotteet ovat erikoisempia kuin edeltäneiden yritysten, millä pyritään tyydyttämään asiakkaiden erikoistarpeita. Tämä voisi olla suositeltu tapa suomalaisille yrityksille, joilla ei ole suuria resursseja markkinointiin ja tuotekehitystoimintaan. (Koponen 1999, 39.)

Neljäntenä tulevat suurtuotantoa harjoittavat kopioijat. Niiden valttina on hintojen alasajo suurten tuotantomäärien ja pienten valmistuskustannusten myötä. Nimensä mukaan markkinoilla menestyminen on kopioinnin ansiota, omaa tuotekehitystä ei juuri ole. (Koponen 1999, 39–40.)

Viidentenä ja viimeisenä markkinoille saapuu yritys, jonka strategiana on hyödyntää markkinoiden mahdollista kysyntää kaikkien edeltäneiden jälkeen. Mikäli muut vetävät tuotteensa pois markkinoilta, saattaa seurata tilanne, missä asiakkaila olisi vielä riittävästi kysyntää tuottavan toiminnan ylläpitämiseksi. (Koponen 1999, 40.)

### 2.1.3 Tuotekehityksen tavoitteet

Monilla puualan yrityksillä on laaja ja epäsäännöllinen tuotevalikoima, joka on muodostunut yrityksen kasvamisen myötä. Yrityksissä on ajateltu tuotteiston laajentamisen olevan ainoa vaihtoehto kasvaa, kun oikeampi suunta olisi voinut olla parempaan markkinointiin panostaminen. Vanhoja tuotteita ei ole otettu pois tuotevalikoimasta, minkä vuoksi se on laajentunut, aiheuttaen valmistussarjojen pienuuden ja kannattamattomuuden. Tuotteiden karsiminen valikoimasta on paljon hankalampaa kuin niiden luominen, sillä on loogista ajatella, että laajemmalla valikoimalla voidaan palvella paremmin erilaisia asiakasryhmiä. (Koponen 1999, 43.)

Tuotekehityksen perimmäisinä tavoitteina on uusien tai nykyisten tuotteiden kehittäminen. Kaikenlaista kehitystyötä tehtäessä olisi syytä keskittyä käyttämään yritykselle ja sen henkilöstölle kertynyt kokemus hyödyksi mahdollisimman hyvin markkina-alueet ja niiden luonteet huomioiden. Tuotekehitys sisältää aina riskejä ja ne ovat suurimmillaan, kun lähdetään uusilla tuotteilla uusille markkinoille, mistä johtuen on hyvin järkevää valita näistä vain toinen. Uusien alojen valtaaminen on myös hyvin kallista. Uutuudelliset tuotteet ovat monesti yritykselle elinvoima, mutta myös nykyisten tuotteiden kehittäminen on useasti kannattavaa. Tuotteen ollessa vanha, ja tuotannon ollessa jo käynnissä sen osalta, ei ole samantyyppistä riskiä kuin täysin puhtaalta pöydältä lähdettäessä – aina voidaan palata vanhan tuotteen valmistukseen ilman muutoksia. Nykyisten tuotteiden kehittäminen perustuu lähinnä paneutumalla tuotteiden toimintojen kehittämiseen sekä valmistustekniisiin seikkoihin. Kaikenlaisen kehitystyön perimmäisenä ideana olisi aina oltava taloudellisen tuloksen parantaminen. Myös tuotekehitykseen sijoitetun panoksen tulisi olla saavutettua tulosta pienempi. (Koponen 1999, 43–44.)

#### 2.1.4 Varsinaisen tuotekehityksen eri vaiheet

Ennen varsinaista tuotekehitystä suoritetaan suuri joukko erilaisia selvityksiä ja arvioita, joista osa on esitetty edellä. Mikäli niillä saavutetaan tarpeeksi luotettava ja positiivinen tulos, on tuotekehitysprojekti erittäin mahdollinen suunniteltujen seikkojen puitteissa.

Tuotekehitysprojekti jakaantuu yhteensä seitsemään suurempaan vaiheeseen, jotka ovat seuraavat:

##### 1) Ideoiden hankinta, arviointi ja valinta

Ideoiden hankintavaiheessa uuden tai nykyisen tuotteen kehittelemiseksi haetaan ideoita lähes miltä vain kanavalta, joita voivat olla esim. kirjallisuus, tapahtumat, asiakkaat ja kilpailijat. Henkilökohtainen kosketus on kuitenkin suurin ideoiden lähde tuotekehitystoiminnassa (Koponen 1999, 48). Kaikki syntyvät ideat on syytä säilyttää kehitystyötä tekevän yrityksen hallussa, sillä vanhoistakin ideoista voi olla tulevaisuudessa suuri hyöty (Rissanen 2002, 187).

Projektin alussa ideoita on syytä olla suuri määrä, koska niitä tullaan todennäköisesti hylkäämään paljon eri syistä johtuen. Vähäisellä ideamäärällä ei pahimmassa tapauksessa saada yhtään kehityskelpoista tuotekehitysideaa. Vaikka ideoita olisi-kin alussa suuri määrä, voidaan niitä karsia menestymistodennäköisyyttä arvioimalla jo hyvin aikaisessa kehitysvaiheessa, jolloin kehitettävien ideoiden määrä säilyy kohtuullisena kehityksen eri vaiheissa. (Koponen 1999, 47.)

Kehityskelpoisia ideoita valittaessa pitää ajatella tuotteen sopivuutta markkinoille, yrityksen tuotantoon tai tuotevalikoimaan (Rissanen 2002, 187). Kehitysideat ja niiden arviointi on aina toimiala- ja yrityskohtaisia. Ideoita pyritään arvioimaan mm. taloudellisin ja valmistusteknillisin menetelmin esim. erilaisten taulukoiden, kuten ideaprofiilin avulla (Koponen 1999, 49 – 50). Ensimmäisessä ideoiden karsimisessa käytetään apuna tervettä maalaisjärkeä. Tällöin ideana on hylätä ehdottoman sopimattomia ideoita. Mikäli kehitettävään tuotteeseen sisältyy monia ratkaisuvaihtoehtoja, on yksinkertaisesta valintataulukosta hyötyä. Taulukkoon valitaan tuotteen kannalta keskeisiä kriteereitä, joihin vastataan kunkin vaihtoehdon

osalta kyllä/ei-periaatteella. Huonoja tuloksia saavuttaneet ideat hylätään. (Jokinen 1999, 76–77.)

Arvioinnin loppuvaiheessa, kun ideoita on enää vähän, voidaan käyttää apuna painoarvotaulukkoa, joka on hyvin samantapainen kuin em. valintataulukko. Tässä vaiheessa tavoitteena on selvittää mahdollisimman tarkasti jäljellä olevien ideoiden paremmuus, joten kyllä/ei-periaate korvataan painoarvoilla kuten kouluarvosanoilla. Kriteerit voivat olla samat kuin edellä, nyt arvioidaan vain kyseisiä ominaisuuksia soveltuvuuksien sijaan. (Jokinen 1999, 78.)

Useissa tapauksissa idean arvostelu on vaikeahkoa ja hyvien ideoiden lopullista arvoa voidaan vain arvioida – lopullisen ratkaisun onnistuneisuus selviää vasta idean toteuttamisen jälkeen. Idean toteutumismahdollisuuksia voidaan selvittää paremmin suuremmalla henkilömäärällä tai viemällä parhaita ideoita pienoismittakaavassa eteenpäin ennen lopullista ratkaisua kehitykseen mukaan otettavista ideoista. (Jokinen 1999, 75 – 76.)

Yksi yleisimmin tässä yhteydessä käytetyistä apuvälineistä tuotekehityksessä on arvoanalyysi, joka on erittäin käyttökelpoinen myös muissa tuotekehitysprojektin vaiheissa. Analyysissä arvo määritetään jakamalla tuotteen toiminnot aiheutuneilla kustannuksilla. Tällöin tuotteen arvoa voidaan nostaa parantamalla toimivuutta tai pienentämällä kustannuksia. Parhaaseen tulokseen päästään loogisesti parantamalla kumpaakin. Arvoanalyysi suoritetaan joko ulkopuolisen konsultin tai sitä varten perustetun ryhmän avulla. (Koponen 1999, 61–63.)

## 2) Ideoiden kehittäminen ja kehitystavoitteen täsmentäminen

Kun edeltävän vaiheen aikana on saatu kehityskelpoinen idea, on sen tavoitteet täsmennettävä mm. aikataulutuksen, käytössä olevien resurssien ja tekniikan, sekä markkinoiden osalta. Täsmentämisvaiheessa ideasta syntyy tuotekehitysprojekti. (Rissanen 2002, 187.)

Kehityskelpoisten tuoteideoiden tuleva markkinatilanne on hankala selvittää. Suhdanteet muuttuvat, ja kysyntää tulisi pystyä arvioimaan niiden mukaan onnistuneesti. Tulevaan kysyntään vaikuttavat erityisesti kilpailijoiden tuotteet, joita

voivat puutuotteiden osalta olla myös jostakin toisesta materiaalista valmistetut tuotteet. (Koponen 1999, 51.) Esimerkiksi tässä työssä käsiteltävän tuotteen varteenotettavimmat kilpailijat on valmistettu useimmin muista materiaaleista, kuten puumuovikomposiitista, erilaisista muoviseoksista tai epoksilla kyllästetystä korkista.

### 3) Esisuunnittelu ja idean hyväksyttäminen

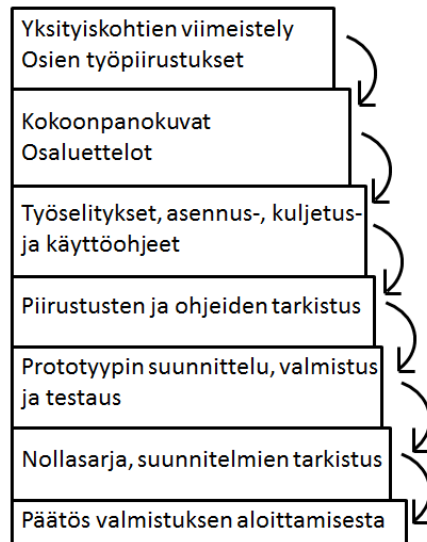
Jotta kehitelty idea saataisiin toteutettua, on sen hyväksyttäminen päättävällä tasolla välttämätöntä. On tavallista, että uusia ideoita vieroksutaan ja vastustetaan, jolloin on tärkeää, että edelliset vaiheet on suoritettu riittävällä tasolla vakuuttavuuden varmentamiseksi. Myös itse keksijän on uskottava ideaansa. (Jokinen 1999.)

Esisuunnittelun tarkoituksena on antaa tuotekehitysprojektista päättävälle taholle mahdollisimman tarkka kuva idean soveltuvuudesta valmistavan yrityksen tuotantoon ja myyntiin. Projektille määritetään tarkka aikataulu ja budjetti. Tässä vaiheessa käynnistyvät tuotannon ja markkinoinnin suunnittelu vähintään alustavalla tasolla. (Rissanen 2002, 187.)

### 4) Tuotesuunnittelu

Tuotteen suunnitelmat täsmennetään tässä vaiheessa, sekä päätetään mahdollisten koekappaleiden valmistamisesta. Selvitysvaiheessa ovat tällä hetkellä valmistusprosessi, markkinointi ja hinnoittelu. (Rissanen 2002, 188.)

Tuotteesta tehdään työpiirustukset ja -selitykset sekä erilaiset ohjeet, joita tarvitaan tuotteen valmistuksessa ja oikeaoppisessa käyttämisessä. Tuotteen raaka-aineet, valmistustavat sekä pintakäsittelyt varmistuvat ja prototyyppien valmistamisesta päätetään. Mikäli kyseessä on esim. liian kallis tai suuri tuote prototyypin valmistuksen kannalta, voidaan teoreettisia laskelmia havainnollistaa pienoismallien avulla. Tuotteen kannalta kriittisimmistä komponenteista voidaan valmistaa näissä tapauksissa koekappaleita. (Jokinen 1999, 96–97.)



KUVIO 2. Tuotekehityksen neljännen vaiheen, eli tuotesuunnittelun, työvaiheet eriteltynä. Kuvassa prototyypin valmistus on esitetty osana tuotesuunnittelua, mutta näin ei aina tapahdu, vaan prototyyppi saatetaan valmistaa jo ennen viimeistelyä työpiirustuksia. (Jokinen 1999, 97–98.)

### 5) Prototyyppi

Koko tuotekehitysprojektin panostuksen painopiste on prototyyppien valmistuksessa ja niiden testausvaiheen jälkeen koetulosten analysoimisessa. Tähän vaiheeseen on osallistuttava kaikkien osapuolten ainakin myynnistä, ostoista, valmistuksesta. Myös loppukäyttäjä olisi tuotava tähän vaiheeseen. Tässä vaiheessa erilaiset markkinointi- ja investointisuunnitelmat valmistuvat markkinatutkimuksen ohella. (Rissanen 2002, 188.)

Prototyyppivaiheeseen sisältyy prototyypin valmistaminen suunnittelusta testaukseen. Prototyypin avulla voidaan selvittää teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia sekä edullisempia valmistustapoja. Mikäli kehiteltävä tuote on sarjavalmisteen, tehdään prototyypin lisäksi ns. nollasarja, jolla tutkitaan ja testataan erityisesti valmistusmenetelmiä. Nollasarjan valmistuskoko riippuu pääasiassa tuotteen yksikköhinnasta, jolloin tavalliset sarjakoot ovat muutamasta kappaleesta joihinkin satoihin. Suuremmalla sarjalla saadaan paremmin selvitettyä tuotteen valmistuskustannuksia ja teknisiä ominaisuuksia. (Jokinen 1999, 98 – 99.)



#### 6) Päätös tuoda tuote markkinoille

Projektin kannalta tärkein päätös on tuotteen tuomisessa markkinoille. Mikäli tehdään myönteinen valinta, merkitsee se päätöksien tekemistä investointien, resursien hankkimisien ja markkinoinnin suhteen. Lisäksi on tehtävä päätöksiä, jotka koskevat mm. valmistettavien sarjojen kokoja sekä varastoinnin ja huollon organisoimista. (Rissanen 2002, 188.)

Tässä vaiheessa esiintyy yleensä ongelmia, jotka liittyvät pääosin tuotteen laatuun tai valmistuksen ongelmiin. Uusi tuote saatetaan kokea yrityksen eri soluissa aluksi häiriötä aiheuttavana tekijänä, koska sen valmistukseen ei ole vielä totuttu. Joissakin tuotteen osissa saattaa olla työvaiheita, jotka vaativat kehittämistä riittävän laadun takaamiseksi. (Koponen 1999, 54.)

Lopulliseen päätökseen on otettava vaikutteita realistisista odotuksista tuotteen tuottavuudesta ja vallitsevasta markkinatilanteesta. Kalliin projektin osoittautuessa huonoksi on se lopetettava lisävahinkojen estämiseksi. Toisaalta tuotekehitysprojekteissa liiallinen varovaisuus on pahasta, sillä vartenotettavia tuloksia projektin onnistumisesta saadaan vasta markkinoille pääsyn jälkeen. (Rissanen 2002, 188.)

#### 7) Menestysarvio

Ensimmäinen menestysarvio kehitysprojektin tuotoksista on syytä tehdä noin puolen vuoden jälkeen markkinoille menosta. Tuotanto- ja myyntikokemuksiin on syytä keskittyä erityisesti, mutta on myös keskityttävä tuotteen muuttamiseen, johon impulssi ja aihe tulevat yleensä markkinoilta. Kehitysvaiheessa valmistetut suunnitelmat tarkistetaan. (Rissanen 2002, 188.)

Noin vuoden kuluttua markkinoille menosta tehdään toinen menestysarvio, jossa on aiheellista arvioida budjettivertailua. Edellisessä vaiheessa tarkastettuihin suunnitelmiin tehdään tarpeellisia muutoksia, ja koko tuotekehitysprojekti lopetetaan. Projektiin osallistunut organisaatio puretaan ja kaikki syntynyt aineisto arkistoidaan mahdollista myöhempää käyttöä varten. (Rissanen 2002, 188.)

## 2.2 Tuotekehityksessä huomioon otettavia asioita

### 2.2.1 Tuotteen laatu

Laatu on käsite, joka pitää sisällään tuotteiden tapauksessa asiakastarpeiden täyttämisen, itse fyysiset ominaisuudet sekä lisäksi tuotteeseen sisältyvät palvelut ja dokumentit. Laatu on standardoitu ISO 9000 -laatustandardilla, jolla selvitetään mm. laadun käsitteet. Tämänlaisella laatujärjestelmällä pyritään nostamaan koko yrityksen eri toimintojen laatutasoja myös suunnittelua ja tuotekehitystä myöten. Tuotteita kehiteltäessä on valittava laatutaso ja kriittiset kohteet, joissa laatuun panostetaan. Tällöin kokonaiskustannukset jäävät pienemmiksi, millä taas voidaan saavuttaa parempi menekki. Laatuun liittyen tuotteen suunnittelussa on otettava huomioon sen luotettavuus ja käyttövarmuus. Tuotetta suunniteltaessa tehdään ns. luotettavuusmalli, jolla ko. ominaisuuksia arvioidaan. Tuloksena tästä saadaan luotettavuusanalyysi. Myös tuotteen mahdollisia vikoja pyritään koko suunnittelun ja kehitystyön aikana selvittämään, ja mikäli havaitaan suuria riskejä, niiden analysoinnin jälkeen päätetään kehityshankkeen jatkosta. (Koponen 1999, 56–58.)

### 2.2.2 Tekniset määräykset

Viranomaiset ovat määrittäneet esim. teknisiä ratkaisuja koskevia määräyksiä, ohjeita ja suosituksia. Tuotekehityksessä nämä kaikki on otettava huomioon, mutta ennen kaikkea määräykset, jotka ovat voimakkaimpia näistä kolmesta. Tekniset määräykset ovat tuotekehittämiseen suoranaissimmin vaikuttavia vaatimuksia. Yleensä näillä asetetaan tuotteelle vaatimuksia turvallisuuteen ja terveyteen liittyen, mutta nykyään asetukset saattavat koskea lähes mitä vain tuotteen ominaisuuksia. Erityisesti rakentamisen tuotteilla on tarkat määräykset ja ohjeistukset. Suunnittelussa on otettava huomioon myös valmistusmenetelmien asettamat vaatimukset sekä tuotteiden pakkaukset. Tarkastukset ja hyväksyttäminen vievät oman aikansa, minkä vuoksi ko. seikat kannattaa ottaa ajoissa esille. (Koponen 1999, 59–60.)

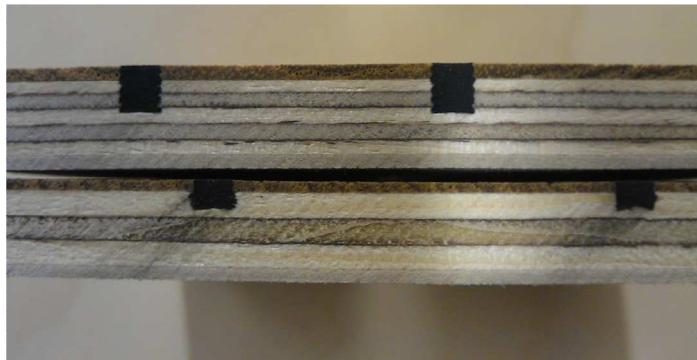
### 2.3 Tuotekehitys tässä projektissa

Omalta osaltani toimeksiannon saatuani tuotekehitystyö oli viety jo prototyypin vaiheeseen. Keskeisempänä tehtävänä minulla oli täysmittaisen plytiikkioesarjan suunnittelu, valmistaminen, testaus ja tulosten analysointi. Suurin osa projektista keskittyi pelkästään tuotetestaukseen, koska tuotteen tekniset ominaisuudet haluttiin selvittää kunnolla eri runkomateriaalien osilta. Tuotteen rakenteen vuoksi oli merkittävintä selvittää, kuinka plytiikki käyttäytyy eri testeissä massiivitiikkiin verrattuna lähinnä kosteuden muutoksien vaikutuksesta. Asioita tutkittiin jonkin verran myös valmistustekniikan kannalta, jolloin pohdittiin pääasiassa tuotteen valmistustapoja. Tuotekehitystyön kohde on hyvin samantapainen kuin tuote, josta kehitystyö on alkanut. Periaatteessa kysymyksessä on sama ratkaisu, kuin massiivituotteiden ja viilutettujen levytuotteiden välillä, jolloin pyritään korvaamaan kalliimpaa materiaalia edullisemmalla säilyttämällä sama ulkonäkö. Työpiirustukset ja valmistusmenetelmät pysyvät hyvin samoina, minkä vuoksi niitä ei ollut aiheellista miettiä tässä projektissa. Toimeksiantaja suorittaa omassa toiminnassaan jatkuvaa tuotekehitystä, joka johtuu lähinnä asiakkaiden venemallien muutoksista.

Tuotekehitystyössä olisi tässä vaiheessa loogista teettää markkinatutkimuksia, joiden avulla saisi kuvan markkinoiden nykytilasta. Tilannetta seuraamalla on havaittu, että venemyynnin näkymät ovat olleet täysin sidoksissa talouden tilanteeseen, jolloin veneiden myynti on vähentynyt huomattavasti. Tämä tilanne tietysti luo asiakkaille tarpeita edullisimmista ratkaisuista etenkin lisätarvikepuolella, jonne plytiikki myös kuuluu. Projektin suunniteltu laajuus olisi kuitenkin ylittynyt jonkin verran, mikäli kehitystyö olisi viety markkinoinnin puolelle merkittäviä tuloksia vaatien.

### 3 PLYTIIKKI

Plytiikki valmistetaan viiluttamalla runkovaneri tiikkiviilulla ja taustaviilulla. Tästä juontuu myös nimi plytiikki. Tiikkiviiluna rakenteessa on mahdollisimman paksu, leikattu 1,5 mm:n paksuinen viilu. Tällöin rakenteeseen saadaan aikaiseksi kulutuksen keston kannalta huomattavasti kestävämpi rakenne, kuin esim. normaalipaksuisella 0,7 mm:n viilulla. Lisäksi valmistusteknisistä syistä johtuen osassa työvaiheista on välttämätöntä käyttää paksumpaa viilua, laadukkaampien tuotteiden aikaansaamiseksi.



KUVIO 3. Poikkileikkaukset koivu-(yllä) ja havuplytiikistä

Taustaviiluna nykyisissä rakenteissa käytetään 1,5 mm paksua sorvattua koivuviilua, jota valmistaa Järvelässä toimiva Koskisen Oy. Runkovanerina on käytetty koivu- ja havuvaneria, joiden paksuus on 6,5 mm. Kuviossa 3 on esitetty molempien vanerityyppien poikkileikkaukset. Säänkeston kannalta olisi parempi, jos kohteeseen voitaisiin käyttää mahdollisimman kosteudenkestävää materiaalia.

Veneen kansissa käytetään tiikkiä sen lukuisten hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. Tiikki, tieteelliseltä nimeltään *tectona grandis*, on sellaisenaan hyvin soveltuva ulkoilmaolosuhteisiin. Se kestää hyvin sienenkasvua ja itiöitä vastaan, minkä lisäksi puu on sään- ja haponkestävä. Puun kosteuseläminen on hyvin pientä – säteen suunnassa tiikki kutistuu vain noin 2,7 %, kun esim. koivulla sama arvo on n. 5,3 %. Haittapuolena tiikissä on sen sisältämien mineraalien ja muiden aineiden, kuten öljyjen, vaikutukset puun työstettävyyteen. Mineraalit kuluttavat työstöko-

neiden teriä melko nopeasti, minkä vuoksi olisi suositeltavaa käyttää vähintään kovametallipaloin varustettuja teriä. Liimaukseen haasteita asettaa tiikin sisältämä öljy, jonka vuoksi vaaditaan erikoisliimoja kunnan tarttuvuuden varmistamiseksi. Muilta osin puun työstettävyys on hyvä. (Mali 1980, liite 13, liite 32.)

Kuten edellä jo mainittiin, tiikin käyttöön kosteissa ympäristöissä liittyy monia syitä. Yhtenä syynä on tiikin hyvä säilyvyys jopa ilman minkäänlaista käsittelyä. Tiikkiä voidaan pitää poikkeuksetta hyvin säilyvänä, joka vastaa aikana yli 25 vuoden säilyvyyttä lahon vastustuksen kannalta. Havuplytiikissä käytetyn havuvanerin raaka-aineen, eli kuusen, säilyvyys on huomattavasti huonompi – kuusta ei pidetä kovin säilyvänä puumateriaalina. Sen lahonvastustuskyky on noin 5-10 vuotta. Tässä yhteydessä mainitut lahonvastustuskykyajat on testattu 2\*2” koepaloilla. (Broch 1995, 27.)

Tiikkiä tavataan luontaisesti Etelä-Aasian mantereella Intian ja Indokiinan välisellä alueella sekä Jaavan saarella (Mali 1980, liite 32). Tiikkiä on alettu istuttaa laajemmalle maailmalle, erityisesti Afrikkaan ja Etelä-Amerikkaan (ks. kuvio 4). Nämä ovat tiikin menestymisen kannalta suotuisia alueita ilmaston kannalta. Parhaiten tiikki menestyy ympäristössä, jossa on selkeät säännöllisesti vaihtuvat kuiva- ja sadekausi. (Puukeskus 2011.)



KUVIO 4. Tiikin viljelyalueet (Yangon Wood Industries Limited 2011)

Materiaalina tiikki on hyvin arvokasta. Koska puun luonnollinen kasvualue vaatii melko trooppisen ilmaston, pitää sitä tuoda Suomeen, mistä syntyvät suuret kuljetuskustannukset, jotka nostavat entisestään puun hintaa. Tämänlaiset seikat vähentävät puun käyttöä vain kohteisiin, joihin sen ominaisuuksilla saavutetaan hyötyjä, joita ei pysty muilla puulajeilla saavuttamaan. Toisin sanoen ajatellaan niin, että on pakko käyttää tiikkiä, koska muilla puulajeilla ei saavuteta samanlaisia ominaisuuksia.

Veneen kansien rakentamisessa suositaan radiaalisesti sahattua puutavaraa monesta eri syystä. Ensinnäkin, lähes kaikilla puulajeilla tangentiaalinen kosteuseläminen tai kutistuminen on suurempaa tai huomattavasti suurempaa kuin säteittäinen eläminen. Veneen kansilla ollaan usein kosketuksissa luonnon räsitusten ääripäiden kanssa – yhtenä viikkona saattaa sataa taukoamatta ja toisena aurinko porottaa, minkä vuoksi puu elää kokoajan altistuen rasituksille. Tällöin paras ratkaisu tuotteen kestävyuden kannalta on käyttää mahdollisimman vähän elävää puuta mahdollisimman vähän elävässä suunnassa. Toiseksi, säteittäisesti sahattu puutavara sisältää eniten kovia vuosirenkaita kulutuspinnoissa, mikä taas edesauttaa kulutuksen kestoa ja kannen elinikää. Puu on myös yleisesti kauniimman näköistä, kun säteittäin sahatun puutavaran vuosirenkaat näkyvät katsojan silmään. (Broch 1995, 132–133.)

### 3.1 Markkinoilla olevia kilpailijoita

Perinteisten tiikkikansien kilpailijoiksi on kehitetty muutamia erilaisia materiaaleja, jotka on valmistettu synteettisestä tiikistä, PVC:stä tai korkista. Valmistajien tuotteita ovat mm. norjalainen Flexiteek, englantilaiset Tek-Dek ja Treadmaster sekä hollantilainen MARINEDECK 2000. (Juuri-Oja 2006, 72.)



KUVIO 5. Flexiteek Original mustilla saumoilla (Flexiteek International AB 2012)

Flexiteek on komposiittimateriaali, joka on PVC-pohjainen. Kuten kuvioista 5 voidaan havaita, se on oikean tiikin näköistä. Lisäksi materiaalin pinta on puun tuntuinen (Flexiteek 2011). Tuotteen hyviä puolia ovat sen kestävyysominaisuudet ja helppohoitoisuus. Materiaali on kuusi millimetriä paksua mattoa, joka liimataan veneen kanteen – mekaanisia kiinnitystarvikkeita, kuten ruuveja ei tarvita. Pinnan ei pitäisi päivettyä juurikaan, ja lian poistamiseen voi käyttää painepesuria. Tek-Dek on PVC-pohjainen tuote, jota toimitetaan rimoina vain yritysasiakkaille. Tuote on väriltään hyvin tiikintapainen, kuten kuvioista 6 voidaan huomata. Tuotteena hieman erilainen on kuviossa 7 esitelty Treadmaster, joka ei ole tiikin näköistä. Tuotetta valmistava Tiflex Limited on tuonut markkinoille myös tiikinnäköisen Atlanteak-tuotteensa (Treadmaster 2010a). Perinteinen karkeakuvioinen Treadmaster on ollut varsin suosittua suomalaisten veneilijöiden keskuudessa (Juuri-Oja 2006, 72–73).



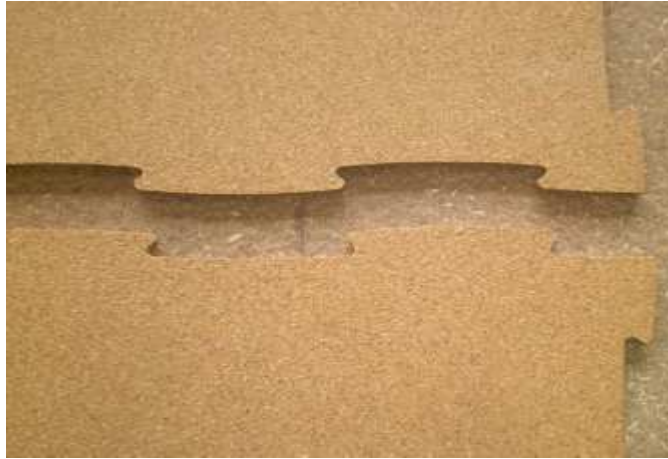
KUVIO 6. Tek-Dek-komposiittikansi (TEK-DEK EXTREME LTD 2012)



KUVIO 7. Perinteinen Treadmaster Original on saatavana useana eri värinä (Treadmaster 2010b)

Näistä edellä mainituista tuotteista hieman poikkeava tuote on MARINEDECK 2000, joka on valmistettu kyllästetystä korkista. Kyllästeenä on käytetty 2-komponenttista polyuretaania. Kuviosta 8 voidaan havaita, että tuote on massamaisen näköistä ja väriltään tiikin ruskeahkoa. Tuotteella on hyviä samoja hyviä ominaisuuksia kuin em. tuotteilla, mutta tuotteella on hyvät lämmöneristävyysominaisuudet, eikä tuotteen pinta ole tällöin auringon paisteessa yhtä kuuma kuin kilpailijoidensa. (Juuri-Oja 2006, 72–73.)





KUVIO 8. MARINEDECK 2000 -levyt voidaan valmistaa perhosliitoksilla, jolloin sen jatkaminen on helppoa (STAZO 2012)

Saksman aikoo ottaa tuotantoonsa hollantilaisen Esthecin lanseeraaman komposiittirakenteen, jossa lasikuitulevyn päälle on liitetty synteettistä tiikkiä, joka on valmistettu polymeereistä ja synteettisistä kuiduista (ks. kuvio 9). Materiaaliin käytetään yhteensä 25 eri ainesosaa. (Esthec 2012a.) Materiaali on hyvin vedenpitävää, se ei patinoidu auringon valon vaikutuksesta, tuotetta voidaan pestä tehokkailla pesumenetelmillä, se ei ole märkänä liukasta ja synteettisyytensä vuoksi pintamateriaali on täysin tasalaatuista, minkä vuoksi materiaali ei halkea, väänny tai käyristy. (Esthec 2012b.)

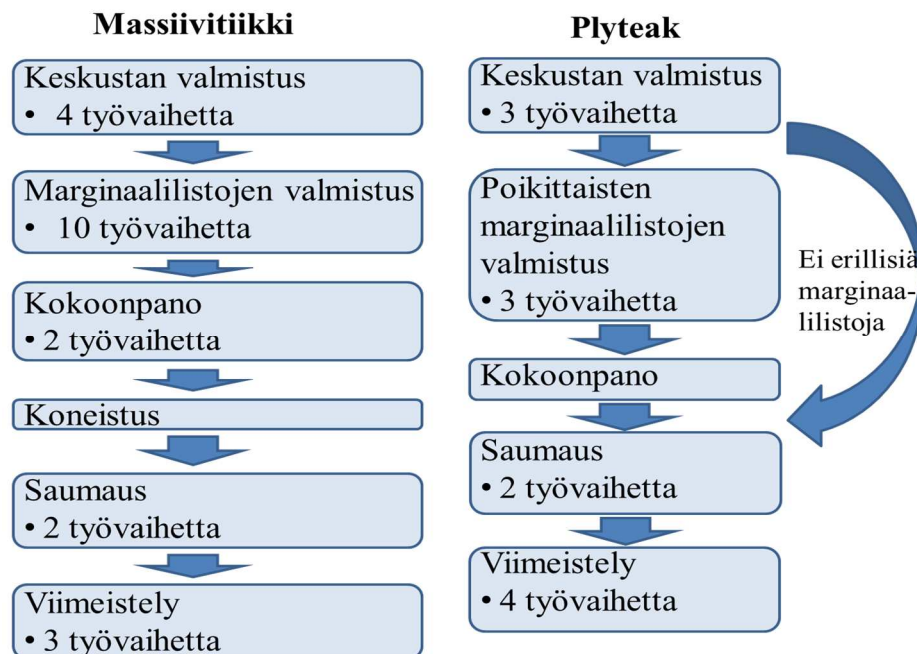


KUVIO 9. Esthecillä kannen kuviointi voidaan toteuttaa hyvin erikoiseksi (Bolidt 2012)

Yhteisenä linjauksena kilpailijoilla on havaittavissa helppohoitoisuus. Jokaista tuotetta mainostetaan lähes huoltovapaana. Myös auringonpaisteen ja muiden säärasitteiden vaikutukset ovat näillä tuotteilla pieniä, mikä vaikuttaa varmasti asiakkaiden mielipiteisiin tuotteiden eliniästä. Plytiikin tapauksessa huoltaminen tapahtuu normaalin tiikkikannen tavoin samoja menetelmiä käyttäen, minkä vuoksi se ei ole kovinkaan kilpailukykyistä näissä asioissa. Plytiikki valmistetaan kuitenkin täysin luonnonmateriaaleista, ja siihen voidaan käyttää suomalaista raaka-ainetta, minkä vuoksi tuotteessa on nyky-yhteiskuntaa puhuttelevia arvoja.

### 3.2 Kansipalojen valmistuksen vaiheet

Tässä luvussa tarkastellaan nykyisten kansituotteiden ja plytiikin välisiä valmistuseroja, joita on etenkin alkupään työvaiheissa merkittävästi. Kuviossa 10 on esitelty valmistuskaaviot kunkin tuotteen työvaiheista pääpiirteittäin. Yhdellä työvaiheella tarkoitetaan yhdellä työpaikalla yhtäjaksoisesti tapahtuvaa kokonaisuutta, jonka suorittaa sama henkilö (Lavikainen 2007, 9).



KUVIO 10. Työvaiheet perinteisellä massiivitiikillä ja plytiikillä

Suurimpana muutoksena plytiikin valmistukseen liittyen on se, ettei varsinaista massiivipuuta käytetä lainkaan. Tämä vähentää työvaiheiden lukumäärää merkittävästi. Massiivikansien valmistuksessa käytetään paljon aikaa puutavaran valikoimiseen. Lisäksi oksat, väri- ja muut viat on karsittava kaikki pois, minkä vuoksi jonkin verran käyttökelpoista puuta hylätään samalla, mikä taas aiheuttaa turhia kuluja, jotka olisi ehdottomasti minivoitava etenkin kalliita materiaaleja käytettäessä. Kuten edellä jo mainittiin, pitää sahatavaran olla radiaalisesti sahattua. Tämä kriteeri huomioiden karsitaan suurin osa kaikesta saatavilla olevasta puutavarasta. Plytiikin tapauksessa pintaan jäävä tiikki on paljon helpompi kategorisoida säteittäiseksi tai tangentiaaliseksi jo tavaran toimittajan puolesta, jolloin Saksmannille ei muodostuisi tämänlaisesta valikoimisesta aiheutuvia kuluja. Lisäksi pintaviilu on paksuudeltaan runkovaneria niin paljon ohuempaa, ettei tangentiaalisen viilunkaan käytöstä seuraa ongelmia.

Massiivipuolella osien valmistuksessa käytetään vanerimalleja, joilla tulevan kappaleen sahausmalli jäljennetään tussilla puun pintaan. Tapahtumaa pyritään optimoimaan etenkin käyrien marginaalilistojen osalta piirtämällä jokainen osa mahdollisimman pieneen tilaan, kuitenkin suurempia suunnitelmia käyttämättä. Jokainen sarja poikkeaa toisesta ja tehokas optimointi sarjatyö huomioiden jää vähäiseksi. Plytiikin osalta marginaalilistat koneistetaan valmiista levytavarasta CNC-koneella, jolloin ohjelmat voidaan luoda optimoiden materiaalimenekin pienentämiseksi.

Plytiikki voidaan helposti valmistaa ilman erillisiä marginaalilistoja jyrsimällä kappaleiden pintaan vain reunalistan saumaura tai ilman uraa. Kuten kuviosta 10 huomataan, vähenee työvaiheet tällöin neljällä. Tällöin ainoana miinuksena on, että poikittaisissa marginaalilistoissa on pitkittäinen syykuvio tai saumaurien näkyminen kappaleiden päistä.

Nykyisellä menetelmällä valmistuksen eri vaiheissa käytetään paljon teippiä, jolla kappaleet yhdistetään väliaikaisesti toisiinsa. Plytiikillä teipin käyttö ei ole aiheellista kuin saumausvaiheessa, jolloin sitä käytetään samaan tarkoitukseen kuin aikaisemminkin.

Suuri ero nykyiseen valmistukseen olisi myös pleksimallien tarpeettomuus. Nykyisin kansipalojen eri osat kohdistetaan pleksimalleilla kokoonpanovaiheessa ja koneistusvaiheessa. Tällöin kohdistetaan malliin jyrityt valmiit urat sopivasti uuteen kappaleeseen. Toisinaan kohdistaminen ei onnistu oikein ja joudutaan tekemään korjaustöitä tai jyrsimään ura käsin, jolloin tehokkuus kärsii paikoittain jopa huomattavasti. Plytiikin kaikki osat koneistetaan CNC:llä, jolloin kohdistamista ei tarvita, kunhan aihiot ovat oikean kokoisia.

Koneistuksen jälkeen kappaleet noudattavat suurilta osin samoja työvaiheita. Kappaleet saumataan ja käsitellään saumauksen jälkeen samanlaisesti. Plytiikkiin tulee lisäksi reunasuojaus, joka suoritettaisiin yhtenä viimeisempänä työvaiheena.

### 3.3 Valmistus valmiista levystä

Yhtenä tehtävänä tässä työssä oli selvittää, löytyykö plytiikin valmistukseen soveltuvaa vaneria markkinoilta. Tavoitteena oli löytää suomalainen valmistaja, mutta tarvittaessa ulkomainenkin toimittaja sopisi. Tutkimus toimittajista suoritettiin internetin avulla. Suomalaisia vanerin toimittajia ei löytynyt yhtään.

Ulkomailta löytyi muutama suoraan sopiva tuote, joista sopivin on Bruynzeel Multipanelin valmistama Woodmarine deck -vaneri. Kyseessä on 6 – 19 mm paksu vaneri, jossa on pintaviiluna kolme millimetriä paksu tiikkiviilu ja runkovanerina okume. Vaneria toimitetaan 2500\*1220 mm:n kokoisena. Rakenne on liimattu kosteudenkestävällä liimalla, ja koko vaneri on soveltuva veneiden kansille. Vanerissa on 45 millimetrin välein saumat. Tuotetta on saatavana Saksasta monelta eri jälleenmyyjältä. (Bruynzeel Multipanel 2012.)

Edellä mainittua tuotetta toimittaa myös hollantilainen Houthandel van de Stadt BV, joka on puiden maahantuoja ja erikoispuiden toimittaja. Yritys on keskittynyt erityisesti neljään eri toiminta-alueeseen, joista yksi on vene- ja laivateollisuuden puuraaka-aineiden toimittaminen. (Houthandel Van de Stadt BV 2012.)

Mikäli plytiikki valmistettaisiin Bruynzeelin toimittamasta vanerista, nopeutuisi kansien valmistus merkittävästi, koska työvaiheita jäisi pois yhteensä kuusi kappaletta. Kappaleisiin tarvitsisi jyrsiä vain ulkomuoto. Työvaiheita lisääisivät marginaalilistat. Tämän jälkeen seuraisivat saumauksen ja viimeistelyn työvaiheet. Miinuspuolina kyseisen vanerin käytössä on sen hankkiminen ulkomailta ja jonkinasteinen materiaalihukka, joka aiheutuu standardikokoisen vanerin käytöstä. Kuitenkin nykyisin nestausmenetelmin päästäisiin varmasti pienehköön materiaalihukkaan.

### 3.4 Plytiikin valmistus tässä työssä

#### 3.4.1 Käytännön kokeisiin tehty sarja

Plytiikkisarja suunniteltiin RMJ Saksmannin toimitusjohtajan ja myyntipäällikön veneeseen. Tulevaan plytiikkikansisarjaan haluttiin hieman erilainen visuaalinen ilme kuin tavallisiin tiikkikansiin. Tämä oli mahdollista CNC:llä suoritettavan raidoituksen myötä. Periaatteessa raidoituksen mahdollisuudet tällä menetelmällä eri teriä käyttäen ovat lähes rajattomat.

Designiin otettiin mallia italialaisten jahtivalmistajien valmistamista tiikkikansista internetsivujen kautta. Eri valmistajia, joita tutkittiin, oli yli 20 ja niiden eri mallien myötä erilaisia kansia tutkittiin yli 50 erilaisesta jahdistista.

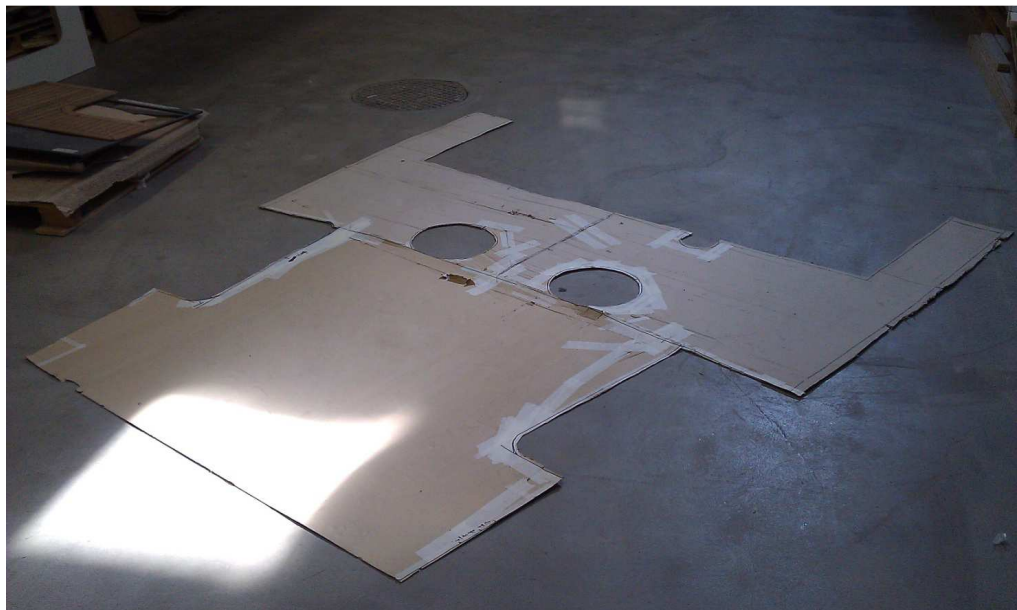
Italialaisten valmistajien ainut yhtenäinen linja, joka havaittiin, oli hieman leveämpi raidoitus Saksmannin normaaliin raitaväliin verrattuna. Muuten löytyi vain vähäisiä eroja, esim. joissakin kansissa oli käytetty valkoista saumamateriaalia mustan sijaan. Lähes kaikista tiikkikansista havaitsi korkean hinnan ja huippulaadun, erityisesti kansipalojen liitokset seinien ja muiden kantta rajoittavien rakenteiden kanssa olivat todella tarkasti valmistettu.

Saksmannin valmistamien perinteisten tiikkikansien raitojen väli on noin 32 mm. Koesarjan raitojen väliä kasvatettiin vähän yli kaksinkertaiseksi 65 mm:iin. Koviimpaan rasiinukseen altistuvaan uimatasoon tehtiin myös reuna- eli marginaalilistat, joiden leveys on 45 mm.

Koesarjan valmistus aloitettiin muovimallien valmistamisella. Veneen kannen muodot jäljennettiin teipin avulla muovikalvoihin, joista muodot jäljennettiin edelleen pahvilevyihin. Pahvilevyt mitoitettiin joka puolelta noin 20 mm vaadittua suuremmiksi. Pahvit sovitettiin veneeseen, ja niihin piirrettiin tulevien plytiikkialojen ulkomuodot. Em. toimenpiteet on esitetty kuvioissa 11 ja 12. Nämä viivat siirrettiin Microscribe-digitoimislaitteella AutoCAD:iin. Digitoiduista kuvista muokattiin ulkoreunoja ja lisättiin kulmapyöristykset.



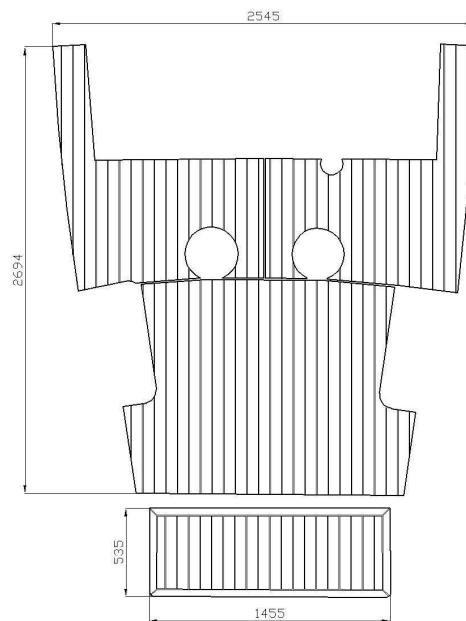
KUVIO 11. Pahvimalliin piirrettiin lattiaa rajoittavat muodot



KUVIO 12. Valmiit pahvimallit

Pahvimallit tuotiin yksi kerrallaan työpöydälle, jossa ne digitoitiin. Digitoimislaite otettiin käyttöön asettamalla avaruuteen ensiksi origo sekä taso, jolla työskennellään x- ja y-akselien suunnassa. Tämän jälkeen laitteen mittakärjellä käytiin läpi kappaleiden ulkomuodot kriittisistä paikoista samalla painaen kytkimestä halutun pisteen kohdalla, jolloin laite muodosti pisteen piirto-ohjelmaan.

Digitointilaitteen koon vuoksi suuria kappaleita varten piti luoda referenssipisteet, joiden avulla kappaleen eri osat yhdistettiin piirto-ohjelmassa oikein. Kun koko kappale oli käyty läpi, eri osat yhdistettiin referenssipisteiden avulla ja viivat piirrettiin saatujen pisteiden mukaan. Kuviossa 13 on esitetty kaikki digitoidut pahvimallit kuvanmuokkaamisen jälkeen.



KUVIO 13. Mallinnetut kansiosat raidoitettuna päältäpäin kuvattuna

Seuraavana vaiheena suunniteltiin raidoitus mahdollisimman symmetrisesti kansipalojen suhteen. Raidoitus keskitettiin suurimman kansipalan keskelle, josta sitä jatkettiin jokaiseen osaan pois lukien uimatason tiikkiosa, johon keskitettiin oma raidoitus.

2D-kuvien perusteella määritettiin paloittelumallit viiluille ja vanereille. Työmääräimiä tehtäessä kiinnitettiin huomiota siihen, että kaikkiin osiin tulevat viilut ja vanerit ovat ristiin liimattuja syysuuntien suhteen. Erityishuomiota kiinnitettiin uimatason marginaalilistojen valmistukseen em. syistä.

### 3.4.2 Rasiustesteihin tehdyt kappaleet

Uusi rasiustesti päätettiin suorittaa liimatyyppin vaihtumisen ja toisen runkomateriaalin testaamisen vuoksi. Kappaleita valmistettiin yhteensä kuusi kappaletta, joista varsinaiseen säärasiustestiin valittiin kolme kappaletta. Koekappaleista päätettiin tehdä identtiset helpompaa tulosten analysointia silmälläpitäen. Kappaleista tehtiin 350\*200 mm:n kokoisia. Paksuudeksi jätettiin suurin mahdollinen plytiikin rakenteesta johtuen. Paksuudet ovat kuitenkin puolen millimetrin toleranssissa toisiinsa nähden.

Uudeksi liimatyyppiksi oli valittu MUF-liima. Oman ja työntekijöiden kokemusten mukaan tällä liimalla päästiin huomattavasti parempiin liimaustuloksiin. Lisäksi liima on paljon käyttäjäystävällisempi kuin aikaisemmin käytetty RF-liima. Toiseksi runkomateriaaliksi päätettiin testata havuvaneri mm. edullisuutensa ja keveytensä vuoksi.



## 4 RASITUSTESTIT

Koekappaleille suoritettiin rasiustestejä lähinnä testien soveltuvuuden mukaan. Lopullisen käyttökohteen vuoksi keskeistä ei ollut selvittää materiaalin lujuusarvoja. Rakenteella ei myöskään pyritä vahvistamaan muita rakenteita, vaan pääasiallinen tarkoitus on liukkauden vähentäminen ja visuaaliset seikat. Testaukseen otettiin mukaan sään vaikutus, pintaviilun hankauksenkestävyys ja pinnan kovuus. Pääperiaatteena oli massiivitiikin ja plytiikin vertailu niiltä osin kuin se oli mahdollista, mutta osassa testejä eri rakenteita vertailtiin raitatiikkilaminaattiin ja komposiittirakenteeseen. Testaukset suoritettiin Lahden ammattikorkeakoulun puu- sekä huonekalutestauslaboratoriossa. Tavoitteena oli suorittaa testit voimassa olevia standardeja mukaillen, ei täsmällisesti niiden mukaan.

### 4.1 Sääkaappitestausta

Koekappaleina säänkestön selvittämisessä käytettiin kahta erilaista kappaletta, joista toinen oli koivuplytiikkikappale ja toinen massiivitiikkikappale. Plytiikki- ja massiivitiikkipala kiinnitettiin alustoihin Sikaflexillä (tyyppi 298), joka soveltuu kyseiseen kohteeseen erinomaisesti (Sika Finland 2011a). Massiivinen pala liimattiin umpilaminaattialustaan ja plytiikki lasikuituun. Testauksen pääpaino muodostui kosteuden muutoksen aiheuttamissa rasituksissa ts. kosteuselämisessä. Lähtökohtaisena oletuksena oli, etteivät koekappaleiden alustat imeneet vettä hygroskooppisen puun tavoin.

Liimattavat pinnat puhdistettiin paineilmalla, ja alustoihin suoritettiin lisäksi puhdistus tinnerin kanssa. Sikaflex levitettiin liimalastalla noin kolmen millimetrin paksuisiksi raidoiksi, minkä jälkeen puukappaleet painettiin niitä vasten. Kappaleisiin kohdistettiin pienehkö puristusaine käsipuristimien avulla. Kappaleiden annettiin kuivua yli kolme päivää ennen testaamista.

Kappaleiden säätestaus aloitettiin upottamalla kappaleet veteen parin vuorokauden ajaksi. Tämän jälkeen kappaleet kuivattiin sääkaapissa 20 °C:n lämpötilassa, RH:n ollessa 30 % ja UV-lamput päällä. Näissä olosuhteissa kappaleiden pinta-

lämpötilat olivat märkänä noin 50 °C ja kuivana noin 70 °C. Yhteen kuivausvaiheeseen kului kaksi vuorokautta lukuun ottamatta viimeistä kuivausta, joka kesti viisi vuorokautta.

Kappaleita testattiin seuraavan kierron mukaisesti:

Aloituspainon mittaus → kosteutus 7 vrk → kuivatus 2 vrk → kosteutus 2vrk → kuivatus 2 vrk → kosteutus 2 vrk → kuivatus 2 vrk → kosteutus 3 vrk → kuivatus 2 vrk → kosteutus 5 vrk → kuivatus 5 vrk → lopetus.

Kahteen viimeiseen vaiheeseen otettiin mukaan pakkanen, joka Suomen ulko-olosuhteet huomioon ottaen on todella oleellinen. Tämän vuoksi haluttiin testata myös pakkasen vaikutusta koekappaleisiin. Yrityksellä oli ollut oma koekappale yli vuoden ulko-olosuhteissa työpaikan pihalla. Tätä kappaletta vertailtiin myös tässä projektissa testattuihin kappaleisiin. Kyseinen kappale ei ollut kuitenkaan kiinnitettynä minkäänlaiseen alustaan, eikä kappaleen reunoja ollut käsitelty lainkaan.

#### 4.2 Säärasitustesti

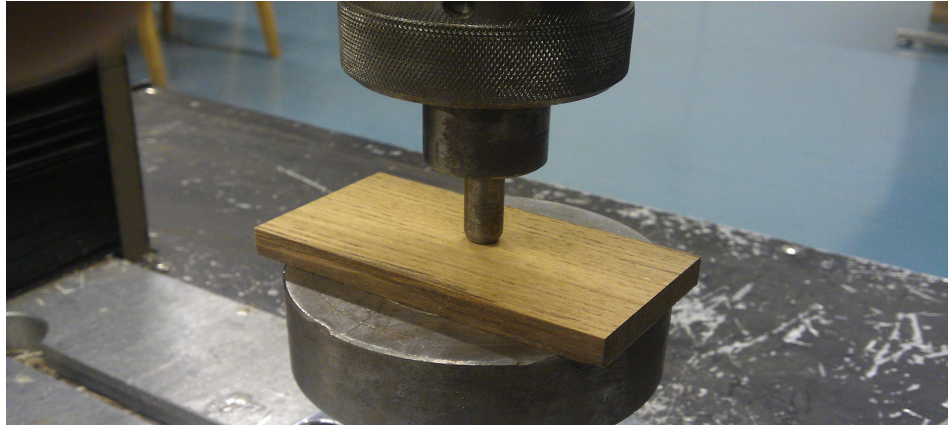
Toinen säänkestoon ja kosteuselämiseen liittyvä testi päätettiin toteuttaa liimatyyppin vaihdon myötä toiselle runkovanerille. Testaaminen suoritettiin sääkaapin ruuhkien vuoksi vesiastian ja puunkuivausuunin avulla. Muodonmuutosten kärjistämiseksi koekappaleita ei kiinnitetty edellisen testin tavoin alustoihin. Edellisen säätestauksen yhtenä osana oli UV-rasituksen tutkiminen, jonka ei katsottu olevan relevantti säänkeston kannalta käytettävillä testaustuntimäärillä, sillä viime testissä ei saatu merkittäviä tuloksia UV-säteilyn aiheuttamista rasituksista pientä värinmuutosta lukuun ottamatta. Mikäli kyseisen kulumisen haluaisi selvittää vuositasolla, vaadittaisiin monivuotista altistamista UV-säteilylle. Realistisen testin saisi aikaiseksi sijoittamalla testikappaleet ulkoilmaolosuhteisiin ja mielellään Suomen meri-ilmastoon, jolloin kappaleisiin imeytyisi myös hieman suolaista murtovettä.

Testaus aloitettiin valitsemalla testattavat koekappaleet. Testaukseen ei otettu mukaan lainkaan koivuplytiikkiä, koska se testattiin edeltävässä sääkaappitestissä. Testattavia kappaleita olivat siis massiivitiikki- ja kaksi havuplytiikkikappaletta. Yksi havuplytiikkikappale käsiteltiin veneilyyn tarkoitettulla tiikkiöljyllä. Varsinainen testaus aloitettiin alkupunnituksella, jonka jälkeen kappaleet liotettiin vesialtaassa. Liotuksen jälkeen kappaleet kuivattiin uunissa noin 60 °C:ssa. Tämän jälkeen sykliä toistettiin yhteensä kymmenen kertaa, kunnes haluttu testausaika tuli täyteen. Tuloksia käsitellään jäljempänä Tulosten analysointi -luvussa.

#### 4.3 Brinell-kovuustesti

Uudesta rakenteesta haluttiin selvittää sen kovuus paksuussuunnassa pinnasta päin. Testillä haluttiin simuloida esim. painavien esineiden aiheuttamia kolhuja kansimateriaaleissa. Tämänlainen tieto on erittäin merkittävää, sillä plytiikin rakenteen vuoksi kolhujen korjaaminen hionnalla on pääsääntöisesti hyvin marginaalista, ellei jopa mahdotonta viulun suurehkon puhkihioutumisvaaran vuoksi. Mikäli kansissa käytetty materiaali on liian pehmeää, saattaa siihen muodostua normaalissakin käytössä kolhuja ja kuoppia, jotka täyttyvät sade- tai merivedellä, jolloin vesi jää niihin seisomaan. Jos tämä tapahtuu usein, kuten käyttökohde huomioiden olettaa saattaa, on homeen ja lahon syntymisen riski ko. paikoissa korkeahko.

Koekappaleita valmistettiin raitatiikkilaminaattilevystä, Estech-komposiittilevystä, massiivitiikistä sekä havu- ja koivuplytiikistä. Tiikki ja plytiikkikappaleita valmistettiin 18 kappaletta, joista puolet koestettiin märkänä. Laminaatti- ja komposiittikappaleita valmistettiin 10 ja niitä ei koestettu lainkaan märkänä. Tiikkikappaleista tehtiin 100\*50 mm:n kokoisia, kun vanerirunkoisista ja komposiittikappaleista tehtiin 50\*50 mm:n kokoisia. Täten estettiin mahdollinen halkeaminen testauksen aikana. Märkätestauksessa kappaleet koestettiin 24 tunnin vedessä liottamisen jälkeen.



KUVIO 14. Brinell-kovuustestissä kappaleeseen pakotettiin 10 mm:n halkaisijaltaan olevaa testauskärkeä vakioajan verran. Koekappaleena kuvassa on kuiva massiivitiikkikappale.

Testaus suoritettiin SFS EN 1534 -standardin mukaisesti. Testauksessa koekappaleeseen pakotettiin 10mm kokoista teräskuulaa vakiokuormalla vakioajan verran (kuvio 14). Testausajan jälkeen kappaleiden annettiin asettua jonkin aikaa, minkä jälkeen painuman halkaisija määritettiin kahdesta kohdasta pienehköllä mittataulukon sisältävällä mikroskoopilla (kuvio 15). Halkaisijat luettiin 0,2 millimetrin toleranssilla. (SFS EN 1534 2011.)



KUVIO 15. Brinell-testissä koekappaleeseen muodostuneen painuman halkaisija määritettiin ylempänä näkyvällä aparaatilla. Kuvassa alempana on näkymä linssin läpi katsottuna.

#### 4.4 Taber-hankaustesti

Plytiikin kulumisen kriittiseksi pisteeksi muodostuu tiikkiviilun alapinnan ja runkovanerin yläpinnan välinen piste. Mikäli tämä piste saavutetaan mekaanisella kulutuksella, selvästi vaaleampi runkovaneri tulee näkyviin, ja käytännössä tuote vioittuu. Tämän vuoksi ylimääräisen viilun hionta saumausaineen hionnassa on pyrittävä välttämään parhaan mukaan. Kokeella haluttiin selvittää kuinka monta kierrosta tiikkiviilun puhkoutuminen vaatii. Massiivitiikin ja plytiikin välinen vertailu on vaikeahkoa, koska rakenteelliset erot ovat merkittävät. Saatuja lukuja voidaan tosin verrata esim. kuljetusvälineiteollisuudessa käytettäviin pinnoitettuihin vanereihin.

Hankaustesti suoritettiin SFS EN 438 -standardia mukaillen. Koekappaleita valmistettiin kustakin materiaalista standardin vaatimat kolme kappaletta. Ensin kappaleille suoritettiin tuhannen kierroksen painohäviötesti. Viilu- ja laminaattipintaisille kappaleille suoritettiin standardin mukainen kulumistesti. Testaukset suoritettiin Taber 5150 -hankauslaitteella, jossa S11-kumipyöriin liimattiin S52-hiomapaperit. Periaatteena testissä on pyörittää kappaletta samalla kuormittamisen pintaa vakiokuormalla testien vaatimien kierroslukujen verran. Koekappaleet erotettiin kulmista kynällä neljään lohkokoon, joista kolmen tuli mennä puhki vähintään 0,6 mm<sup>2</sup>:n alueelta. Tällöin pyörittäminen lopetettiin ja suoritettut kierrokset otettiin ylös lähimmän sadan kierroksen tarkkuudella. (SFS EN 438-2 2005.)

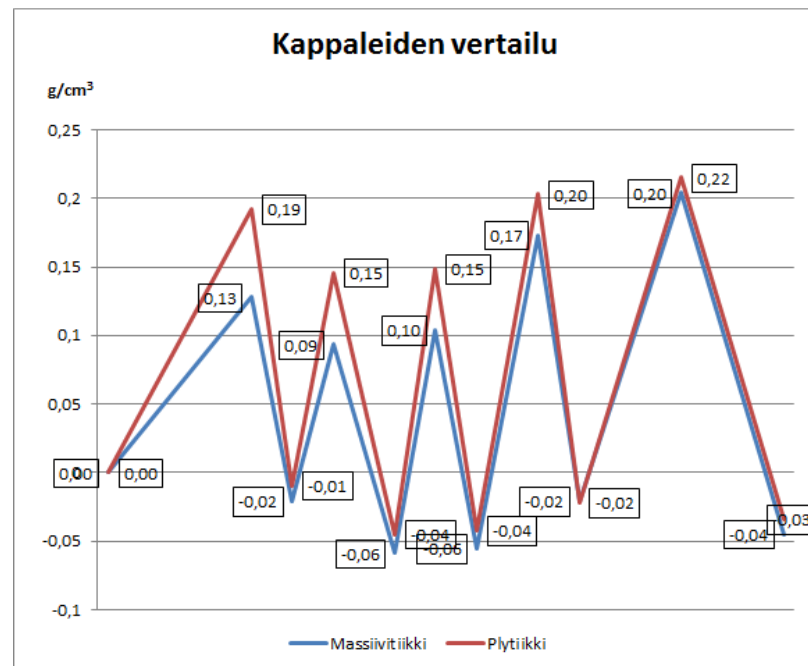
## 5 TULOSTEN ANALYSOINTI

### 5.1 Sääkaappitestausta

Testauksen jälkeen kappaleita analysoitiin pääasiassa visuaalisesti, mutta myös teoreettisesti säätestauksessa kirjattujen painojen avulla. Testauksen eri vaiheiden vaihteissa kappaleiden painot kirjattiin ylös. Näiden painojen perusteella nähtiin eri vaiheiden vaikutukset kappaleiden massoissa sekä saatiin selville kappaleiden imemä veden määrä eri olosuhteiden jälkeen.

#### 5.1.1 Massoihin perustuva analysointi

Koestettavat kappaleet olivat erikokoisia ja tämän vuoksi myös eri painoisia. Tästä johtuen kappaleiden tilavuudet laskettiin ja painonmuutokset suhteutettiin tilavuusyksikköä kohden. Tilavuuden määrittäminen suoritettiin AutoCAD-ohjelmalla käyttäen kappaleiden alkuperäisiä piirustuksia. Tilavuuksista poistettiin saumojen osuus, koska ne eivät ime kosteutta (Sika Finland 2011b). Kosteuksia ei laskettu kappaleista, koska riittävän tarkkaa kuivapainoa ei saatu.



KUVIO 16. Kappaleiden vertailu samoihin lähtöarvoihin perustuen

Kuviosta 16 nähdään erot kappaleiden välillä. Suhteellisten massojen aloitusarvot määrättiin siten, että niiden suuruus on tasan nolla. Tämän jälkeen loput arvot suhteutettiin käytettyyn asteikkoon samoin kaikkien arvojen osalta.

Kuten voidaan huomata, plytiikin käyttäytyminen on ollut hieman jyrkempää tiikkiin nähden siinä käytetyn koivuvanerin ja -viilun vuoksi. Alussa erot ovat olleet seitsemän vuorokauden kosteutuksen jälkeen noin  $0,07 \text{ g/cm}^3$ . Ensimmäisen kuivauksen jälkeen ero on miltei kuroutunut umpeen. Jäljempänä erot ovat tasoittuneet ja olosuhteiden aiheuttamat muutokset pysyneet tasaisempina.

Suuremmat muutokset kappaleiden painoissa, eli imeytyneen veden määrässä, aiheuttavat materiaaliin suurempia kosteusvaihteluita ja tämän myötä luovat myös korkeampia edellytyksiä suuremmalle kosteuselämiselle.

Realistinen käyttäytyminen Suomen ilmastossa pitäisi tutkia suuremmilla kappaleilla ja pitemmällä aikavälillä. Tätä varten valmistettiin täysmittainen koesarja, jota käsiteltiin aiemmin luvussa 3.4.1.

#### 5.1.2 Visuaalinen analysointi

Tutkittavia kappaleita oli yhteensä kolme, joista kahta testattiin LAMK:n puulaboratorion sääkoestuskaapissa reilun kuukauden ajan. Yksi kappaleista oli yrityksen oma koekappale, joka oli ollut yli vuoden yrityksen pihalla ulkoilmaolosuhteissa.



KUVIO 17. Kappaleet ennen koestusta liimattuna alustoihinsa

Vasemmanpuoleinen kappale on plytiikkikappale, joka on liimattu lasikuitupa-  
laan. Oikeanpuoleinen kappale on massiivitiikkikappale, joka on liimattu lami-  
naattiin. Liimana on käytetty 1-komponenttista Sikaflex 298 polyuretaaniliimaa.



KUVIO 18. Koekappaleet koestamisen jälkeen

Ensimmäinen muutos, joka voidaan havaita kuvioiden 17 ja 18 avulla, on kappaleiden värin tummeneminen, joka aiheutuu UV-valon ja ilman vaikutuksesta. Pidemmällä aikavälillä tiikin väri muuttuu ruskeasta harmahtavaksi. (Puukeskus 2011.) Värin muutosta ei pysty juurikaan estämään, koska yleensä veneen kannet ovat kesäisin jatkuvasti alttiina auringon valolle. Myös pinnan karhentuminen on asia, jota ei pysty estämään.

Massiivitiikkikappaleeseen muodostuneet pienehköt halkeamat ovat syynsuuntaisia. Tässä tapauksessa halkeilu on varmasti aiheutunut puukappaleen ominaisuuksista. Myös alustan erilainen eläminen on voinut edesauttaa halkeamien syntyä.

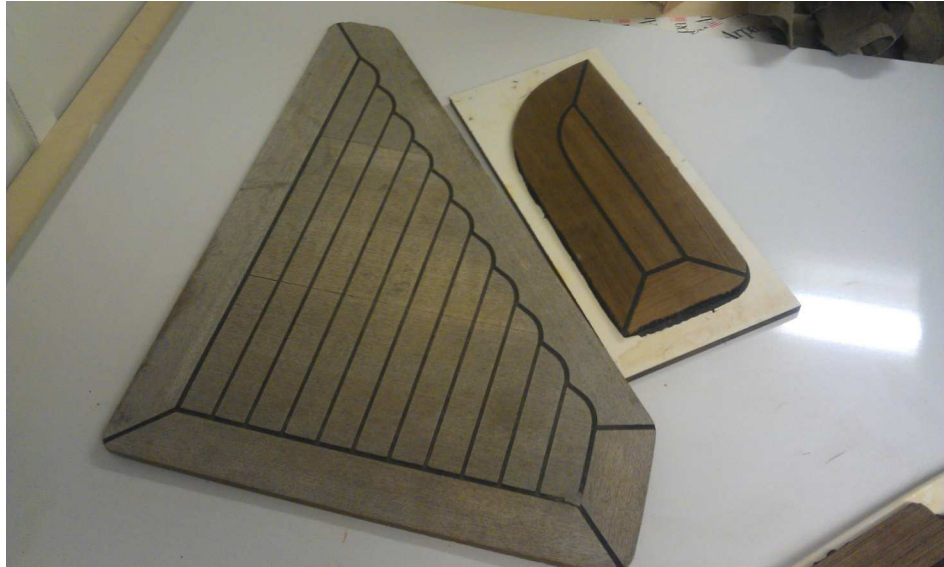


Viilu oli irronnut osittain plytiikkikappaleen kärjestä. Tämä saattaa suurilta osin johtua viilun virheellisestä liimauksesta. Viilut oli liimattu ilmeisesti liimalla, jonka komponenttien sekoitussuhde oli väärä. Lisäksi on todettu, että liiman levitysmäärä on ollut liian pieni.



KUVIO 19. Reunapinnon halkeilu

Kolmiosainen rakenne vaatii mm. visuaalisista syistä reunasuojauksen, joka testatussa kappaleessa on toteutettu polyuretaanimaalilla. Vaikka kyseinen maali onkin hieman joustavaa, ei sen joustavuus riitä rakenteen muodonmuutoksiin, vaan se rikkoontuu paikoittain, etenkin saumoista. Kuviossa 19 on esitetty kokeissa kappaleisiin muodostuneet reunahalkeilut. Yksi hyvä vaihtoehto olisi asentaa kappale upotukseen saumamassan avulla, jolloin massan joustavuus kestäisi puun elämisen.



KUVIO 20. Olosuhteiden vaikutus tiikin väriin

Kuvion 20 suurempi kappale on yrityksen oma koekappale, jonka väri on muuttunut selvästi harmahtavaksi. Kappale on ollut ulkoilma-olosuhteissa yli vuoden. Siihen ei ole tulleet merkittäviä vikoja pientä käyritystä ja vääntäilyä lukuun ottamatta.

Kappaleisiin muodostui vain vähäisiä pysyviä muutoksia. Merkittävin vika, joka havaittiin, oli massiivikappaleen osittainen halkeaminen. Tästä voidaan havaita rajut muutokset, jotka säätestauksessa kohdistettiin kappaleisiin. Normaaliolosuhteissa muutokset voisivat olla yhtä suuria, mutta ne tapahtuisivat paljon hitaammin, jolloin mm. halkeilu olisi vähäisempää.

Viilun osittainen irtoaminen ei selity pelkästään säätestauksella, vaan on huomiotava myös mahdollisuus väärästä liimauksesta. Mikäli kyseisen kappaleen liimaus olisi onnistunut hyvin, viilu ei olisi luultavasti irronnut lainkaan.

Plytiikkikappaleen reunat ovat yksi kehityksen kohde. Reunoihin pitäisi löytää tarpeeksi elastinen, mutta ohut vaihtoehto, jotta päästäisiin miellyttävään lopputulokseen. Plytiikin pinta ei ollut karhentunut yhtä paljon kuin massiivikappaleen.

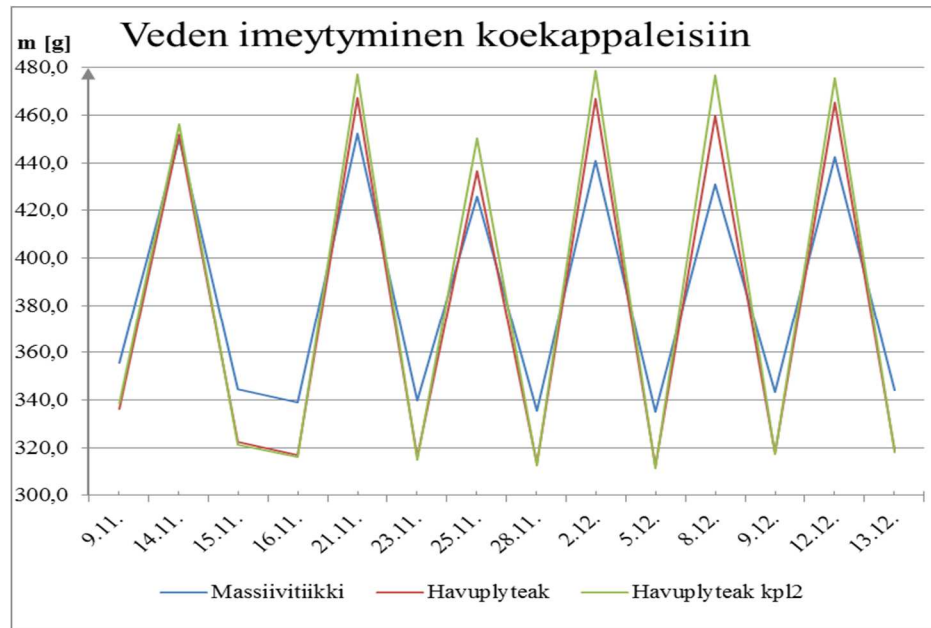
## 5.2 Säärasitustesti

Kuten jo aiemmin on mainittu, suoritettujen säätetien rasittavuus ilmenee puun kosteuselämisenä, joka aiheuttaa mitallistettujen kappaleiden muodonmuutoksia. Mikäli kappale ei näitä muodonmuutoksia kestä, hajoaa se heikoimmasta kohdastaan, kuten osien saumoista. Tämänlaisia vikoja etsittiin kappaleista, niitä tutkittiin, ja niitä esitetään visuaalisen analysoinnin kappaleessa. Kappaleisiin imeytyneen veden määrästä pidettiin kirjaa samoin kuin aikaisemmassa sääkaappitestauksessa. Massojen muutoksia tutkittiin ja tuloksia vertailtiin edelliseen kokeeseen. Tulokset esitetään seuraavassa luvussa.

### 5.2.1 Massoihin perustuva analysointi

TAULUKKO 1. Säärasitustestin ajalta pidetty kirjanpito kappaleiden massoista

Kappaleiden massat grammoina eri vaiheissa				
pvm	Vaihe	massiivi	havu	havu_2
9.11.	Punnitus / Liotus	355,7	336,4	338,5
14.11.	Kuivaus	450,5	451,8	456,2
15.11.	Välipunnitus	344,5	322,7	321,4
16.11.	Liotus	339,1	316,9	316,2
21.11.	Kuivaus	452,4	467,4	477,3
23.11.	Liotus	339,8	316,1	314,9
25.11.	Kuivaus	426,1	436,4	450,5
28.11.	Liotus	335,5	313,2	312,5
2.12.	Kuivaus	440,8	467,1	478,8
5.12.	Liotus	335,2	312,3	311,6
8.12.	Kuivaus	431,2	459,9	476,7
9.12.	Liotus	343,4	317,8	317,3
12.12.	Kuivaus	442,5	465,5	475,8
13.12.	Loppupunnitus	344,2	319,1	318,1
Muutoskeskiarvo		100,1	140,7	152,4
%muutos alkuperäisestä		28 %	42 %	45 %



KUVIO 21. Säärasitustestin koekappaleiden massojen muutokset eri vaiheissa

Yllä olevasta kuviosta voidaan osoittaa jälleen selvästi tiikin edut kosteissa käyttökohteissa veden imeytymiseen viitaten. Erot ovat hyvin tasaisia ja vaihtelua niissä syntyy jo pelkästään puumateriaalin heterogeenisyydestä johtuen.

### 5.2.2 Visuaalinen analysointi

Tässä luvussa koekappaleiden muodonmuutoksia tarkastellaan silmämääräisesti ilman apuvälineitä. Kokeen tyylin ja toteuttamistavan kannalta ei ollut olennaista tutkia muodonmuutosten suuruuksia, vaan kokeessa keskityttiin halkeamiin, turpoamiseen, värinmuutokseen ja pinnan karhentumiseen. Kappaleet pyrittiin laittamaan paremmuusjärjestykseen vertailemalla syntyneitä muutoksia niiden merkittävyyden mukaan.

Ensimmäiset muutokset havaittiin heti ensimmäisen kosteutuksen jälkeen, jolloin tiikkikappaleen pitkien sivujen päät olivat irronneet lyhyiden sivujen päistä (kts. kuvio 22). Tämä on johtunut pääasiassa kosteuselämisestä, mutta myös pienestä liimapinta-alasta, joka saumassa on. Saumojen kosteuselämisen kestoa voidaan parantaa sauman pohjaan sijoitettavan saumateipin avulla, jolloin saumamassa ei tartu kuin urien pystyosiin, minkä vuoksi se venyy rankoissa oloissa paremmin

(Murto & Utter 1995, 27). Sauman ratkeaminen on johtunut keskustan kosteuselämisestä, joka on ollut erityisen suurta liian tangentiaalisen puumateriaalin vuoksi. Koekappaleen valmistusvaiheessa on sattunut inhimillinen erehdys ja kappaleeseen on käytetty liian tangentiaalista tiikkiä. Syntynyt rako oli kuitenkin niin suuri, että oikeaoppisellakin kappaleella tämänlainen tilanne olisi hyvin todennäköinen alustan puuttumisen vuoksi. Kappaleiden liimaamisella alustaan pystytään ehkäisemään tämänlaisten ilmiöiden syntyminen käytännössä kokonaan. Tällöin taas puumateriaali saattaa haljeta, kuten aiemmassa testauksessa todettiin.

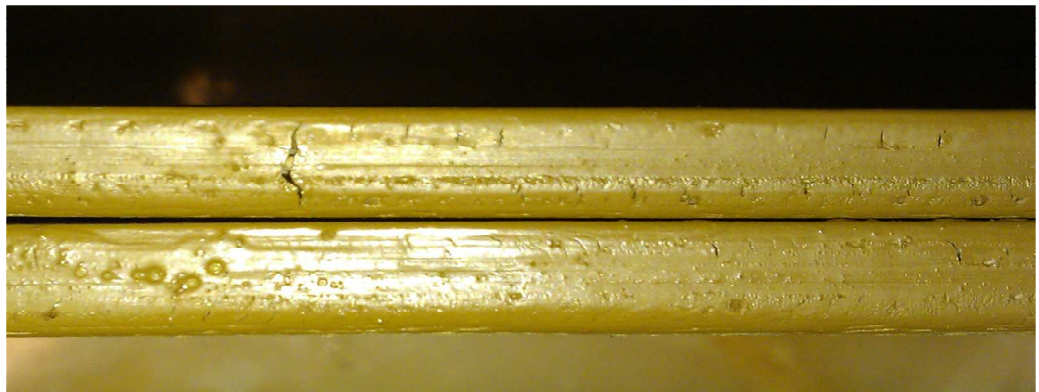


KUVIO 22. Tiikkikappaleen pitkien sivujen päät irtosivat lyhyiden sivujen päistä heti ensimmäisen kosteutuksen aikana

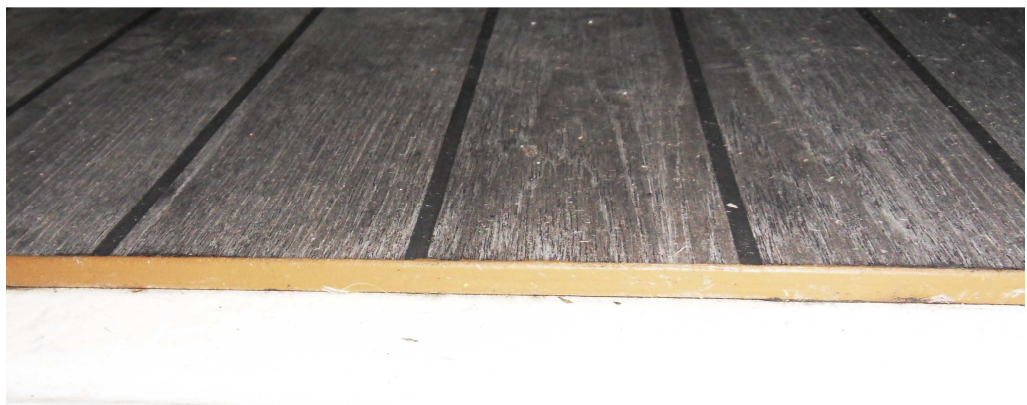
Massiivitiikkikappaleen väri muuttui enemmän kuin viilutettujen. Tämä johtuu varmasti sen sisältämistä suuremmista ainepitoisuuksista viiluun verrattuna. Kun kappaletta on liotettu ja kuivattu lämmössä, aineet ovat reagoineet aiheuttaen pienen värinmuutoksen.

Plytiikkikappaleissa ei tapahtunut muodonmuutoksia juuri lainkaan. Kappaleet käyristyivät jokaisen kosteutuksen yhteydessä, mutta kuivuessaan ne suoristuivat ennalleen. Kappaleet ovat niin ohuita, että tämänlainen vääntyminen ei aiheuta suuria voimia, jolloin käyristymisestä ei tarvitse välittää. Mikäli plytiikki ei olisi kiinni alustassaan, saattaisi se käyristyä myös veneen kannella aiheuttaen toimenpiteitä mahdollisten vesilammikoiden ym. ongelmien estämiseksi.

Eräs ongelma, joka plytiikkikappaleilla on, aiheutuu reunojen käsittelyn kestävyydestä. Tässä ja aikaisemmassakin kokeessa reunakäsittely halkeili paikoittain, joka voidaan havaita kuvioista 23. Vaikka käytetty polyuretaanimaali kestääkin suhteellisen hyvin pinnan elämistä, ei se veny näin radikaaleihin muutoksiin. Huomattavaa kuitenkin on, että normaaleissa olosuhteissa ulkoilmassa muutokset eivät ole yhtä suuria. Tämä voitiin havaita valmistetusta koeplytiikkisarjasta, jota tutkittiin. Siitä ei havaittu silmään pistäviä halkeamia vaikka kappaleet olivat alttiina rasituksille koko kesän (ks. kuvio 24).



KUVIO 23. Plyttiin reunakäsittelyn halkeamista ei voi estää pintakäsittelyaineiden joustamattomuuden vuoksi



KUVIO 24. Käytännön testauksessa olleen plytiikin reunakäsittely ei ollut halkeillut yhden veneilykauden jälkeen



Kuten on jo aiemmin todettu, tiikki harmaantuu nopeasti. Samaa ominaisuutta ei ole kuitenkaan reunakäsittelyaineilla, joita on käytetty plytiikin reunoissa. Tiikin harmaantuessa syntyy sen ja reunojen välille kontrastiero, jota voitaisiin eliminoida käyttämällä harmaampaa käsittelyainetta.

Taustaviiluna käytettävän sorvatun viilun leikkaussuunta on täysin tangentiaalinen, kun paras suunta olisi leikatulla viilulla, jossa on radiaalinen leikkaus. Taustaviilun halkeilu ei varsinaisesti ole ongelma, eikä viilu halkeaisi alustaan liimattuna samalla tavalla, koska vesi ja lämpötilan vaikutukset eivät vaikuttaisi siihen suoraan.



KUVIO 25. Taustaviilu halkesi molemmissa kappaleissa useista paikoista



KUVIO 26. Sääräsitustestin koekappaleet testauksen jälkeen. Vasemmalla on tiikki, keskellä havuplytiikki ja oikealla öljytty havuplytiikki.

Kuviosta 26 nähdään, että massiivitiikkikappale harmaantuu nopeimmin. Suurin harmaantuminen johtuu tuoreimmasta puuaineksesta ja suurimmasta hivenainepitoisuudesta. Poikkeuksellista on, että öljytty kappale on harmaampi kuin käsittelemätön. Öljykäsittelyn jälkeen öljyä likosi jonkin verran veteen liotusvaiheessa liian pikaisen liotuksen takia. Alkuperäisissä suunnitelmissa ei ollut öljyn vaikutuksen tutkiminen koekappaleessa, jolloin asiaa ei ehditty kunnolla hoitamaan melko tiukan aikataulutuksen vuoksi.

### 5.3 Brinell-kovuustesti

Kovuustestauksen kappalekohtaiset tulokset esitellään liitteissä 1 - 8. Brinell-kovuus määritettiin kaavalla:

$$(1) \quad HB = \frac{2 \cdot F}{g \cdot \pi \cdot D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

missä

HB on Brinell-kovuus [N/mm<sup>2</sup>]

F on kappaleeseen kohdistettu maksimikuorma [N];

g on putoamiskiihtyvyys [m/s<sup>2</sup>];

$\pi$  on piin arvo;

D on testauskärjen halkaisija [mm];

d on kahden mittaustuloksen keskiarvo [mm]

Brinell-kovuuden oletettiin olevan normaalisti jakautunut, jolloin laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja ominaiskovuus 95 %:n todennäköisyydellä. Keskiarvo m laskettiin kaavalla:

$$(2) \quad m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

missä



$P_i$  on yksittäisen kappaleen kovuusarvo

$n$  on testausten määrä

Keskihajonta  $S$  laskettiin kaavalla:

$$(3) \quad S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (P_i - m)^2}{n-1}}$$

Lopuksi laskettiin Brinell-kovuuden ominaisarvo  $x_k$  yksisuuntaisella viiden prosentin riskitasolla seuraavalla kaavalla:

$$(4) \quad x_k = m - (t_{05} \cdot s)$$

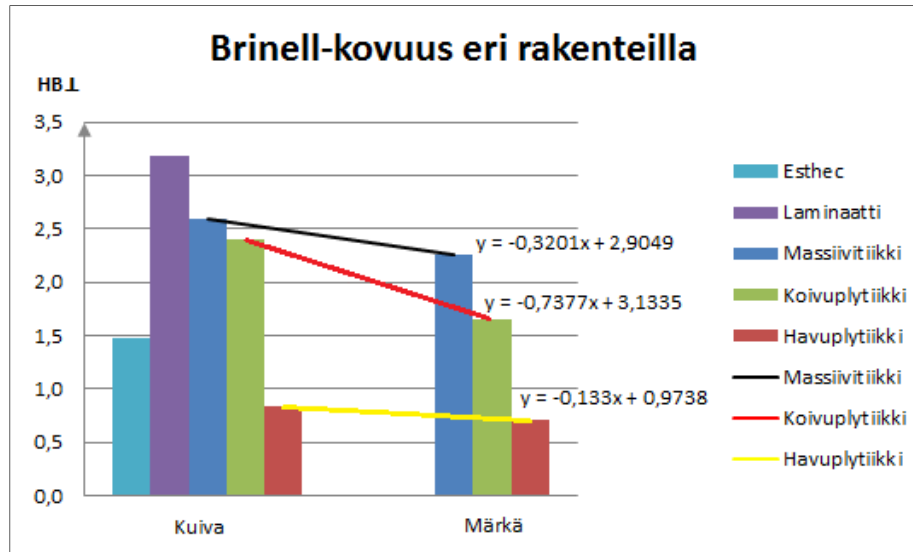
missä

$t_{05}$  on todennäköisyyskerroin, joka saadaan taulukosta koekappalemäärän mukaan.

TAULUKKO 2. Koetuksissa saavutettujen brinell-kovuuksien ominaisarvot eri rakenteilla

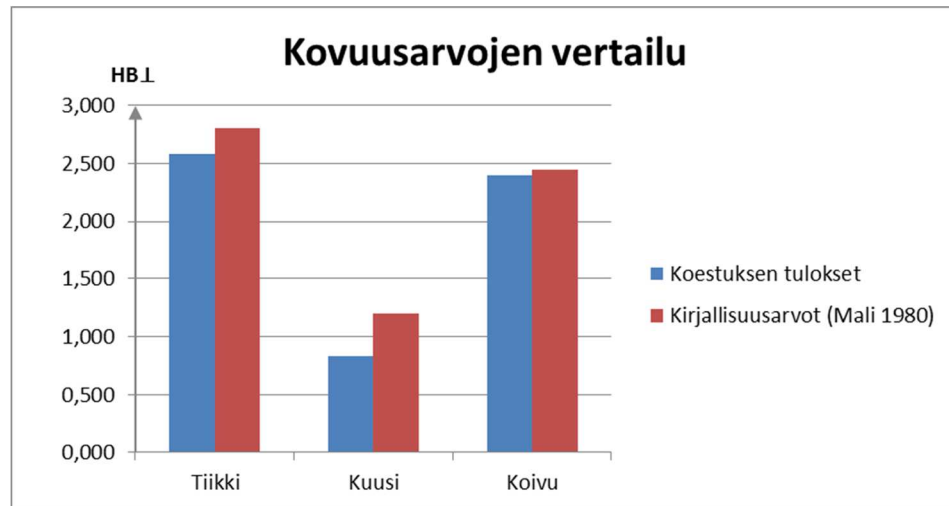
$x_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]				
tiikki	kuusi	koivu	Esthec	Laminaatti
Kuiva			1,5	3,2
2,6	0,8	2,4		
Kirjallisuusarvot (Mali 1980).				
2,8	1,2	2,5		
Märkä				
2,3	0,7	1,7		

Taulukon 2 tuloksista huomataan, että suurin kovuus saavutettiin laminaattilevyllä. Esthec-komposiittirakenteella saavutettiin hieman alle puolet laminaatin kovuudesta, mutta poikkeuksena kaikkiin muihin materiaaleihin se palautui lähes ennalleen alkuperäisestä, eli noin 10 minuuttia kokeen suorittamisen jälkeen kuormituskohtaan muodostunutta jälkeä oli silmämääräisesti vaikea havaita.



KUVIO 27. Kuivien ja märkien koekappaleiden tulosten vertailua. Raitalaminaattia ja Esthecin komposiittirakennetta ei koestettu märkänä.

Kuvioon 27 on piirretty regressiosuorat kovuuksien muutoksista kuivien ja märkien kappaleiden välillä. Kuten jo tiedetään, kuiva puu on lujempaa kuin märkä. Tämä ilmiö voidaan havaita regressiosuorien kulmakertoimista, jotka ovat kaikki negatiivisia, tarkoittaen kovuuden heikkenemistä. Kuusella on pienin heikkenemiskerroin, mutta puu on kuitenkin verrattavia puita noin kolme kertaa heikompi, minkä vuoksi pienellä kertoimella ei juuri ole merkitystä. Koivulla kerroin on kaksi kertaa suurempi kuin tiikillä, mikä todistaa jälleen edellä esitetyt seikat tiikin hyvistä ominaisuuksista, kun ollaan tekemisissä kosteuden kanssa. Kuivalla koivulla kovuus on lähes tiikin luokkaa, joka voidaan todeta myös kuvion 28.

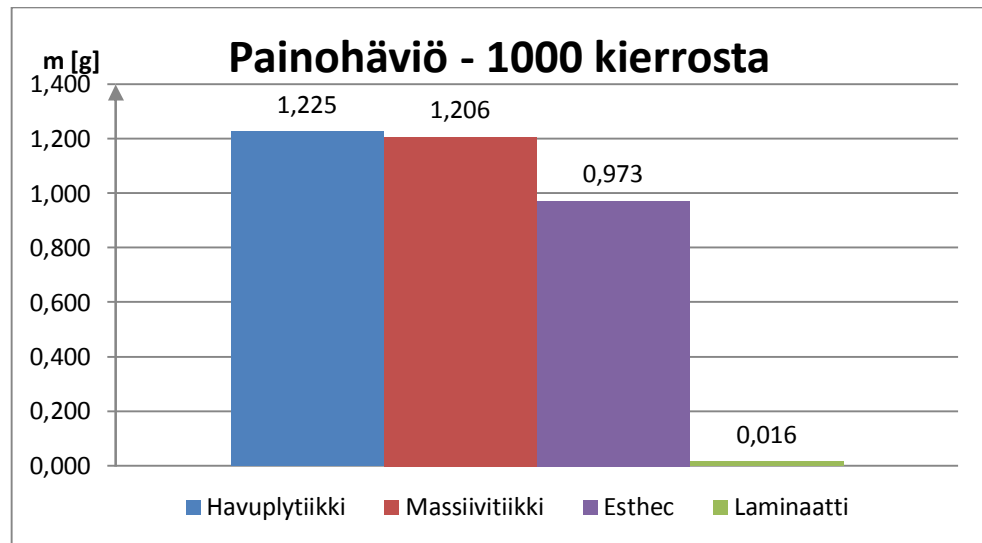


KUVIO 28. Testauksissa saavutettuja arvoja verrattiin kirjallisuudesta löytyviin arvoihin

Pysyvien lattiapintojen olisi syytä olla tarpeeksi kovia ja kulutuksenkestäviä tarpeeksi pitkän kestävyuden ja lattian eliniän varmistamiseksi. Tiikkikansien kiinnittämisessä on kova työ ja kiinnitystavan vuoksi voidaan puhua pysyvästä lattiarakenteesta. Tällöin tiikkikanteen pätee vaatimukset kovuuden ja kestävyuden suhteen. Massiivitiikki on tarpeeksi luja materiaali sellaisenaan veneiden kansille, jolloin kovuusvaatimukset silmällä pitäen olisi luontevinta valita plytiikin runkovaneriksi koivuvaneri havun sijaan.

Edellä mainittujen seikkojen vuoksi, valitsisin kuitenkin plytiikin runkovaneriksi combivanerin, joka on koivu- ja kuusivanerin yhdistelmä. Siinä pintaviilu ja ensimmäinen liimaviilu ovat koivuviilua ja keskiosan viilut vuorotellen havu- ja koivuviilua. Tämän rakenteensa vuoksi levy on kevyempää kuin koivuvaneri ja sillä on paremmat lujuusominaisuudet kuin havuvanerilla. Merkittävintä lujuusominaisuuksissa on juurikin pinnankovuus ja kolhunkestävyys, jotka ovat lähes koivuvanerin luokkaa. Vanerin valmistajien mukaan combivaneri soveltuu hyvin mm. lattiarakenteisiin toisin kuin havuvaneri. (Metsäteollisuus ry 2005, 9, 61.)

## 5.4 Taber-hankaustesti



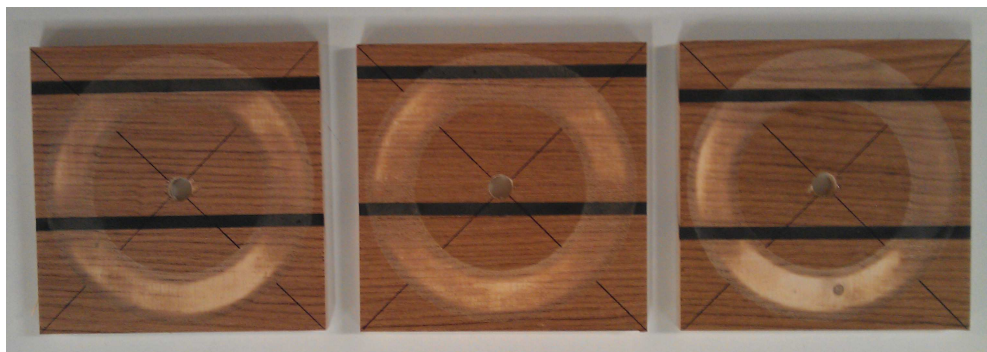
KUVIO 29. Taber-hankauslaitteella suoritetun tuhat kierroksen hankaustestin tulokset

Kun koekappaleita hangattiin tuhat kierrosta ja mitattiin alku- ja lopputilanteiden välinen painon muutos, saatiin selville kuluneen materiaalin määrä. Tästä voitiin määrittää edelleen kappaleen kulumisen suhdetta alkuperäiseen tuotteeseen, eli massiivitiikkiin. Kuviosta 29 voidaan huomata, että ero plytiikin ja tiikin välillä on hyvin pieni. Tämä ero saattaa johtua puun luonnollisesta epätasalaatuisuudesta, koska kyseessä on kuitenkin molemmissa tapauksissa tiikki, jota kulutetaan. Esthec kului noin 20 % vähemmän kuin massiivitiikki. Laminaatti kului vastaavasti vain hieman yli yhden prosentin verrattuna massiivitiikkiin. Laminaatin kulumisen normaalissa käytössä on siis aivan marginaalista, jolloin voidaan todeta, että se kestää kauemmin kuin vene, johon sitä on käytetty.

TAULUKKO 3. Taber-hankaustestissä saavutetut puhkihioutumistulokset

Plytiikki - Kulutuksen kesto, SFS EN 438-2;11					
Kpl	m <sub>ennen</sub>	m <sub>jälkeen</sub>	$\Delta m$ [g]	IP [r]	Viilu [mm]
1	43,709	42,100	1,609	1400	0,8
2	44,978	43,437	1,541	1300	0,8
3	43,679	42,067	1,612	1300	0,8
<b>K-A</b>	<b>44,122</b>	<b>42,535</b>	<b>1,587</b>	<b>1333</b>	<b>0,8</b>
0,1 mm kestää <b>167</b> kierrosta			1,3 mm kestää <b>2200</b> kierrosta		

Puhkihioutuminen tapahtui plytiikillä keskimäärin 1333 kierroksen kohdalla (taulukossa 3 sarake IP: initial wear point eli varhaisin kulumispiste). Koekappaleissa ollut viilunpaksuus oli keskimäärin 0,8 mm. Ihannetapauksessa viilunpaksuus voisi olla luokkaa 1,3 mm saumamassan hionnan jälkeen, jolloin ihannetapauksen puhkihioutumisarvoksi saatiin kokeen arvoon suoraan vertaamalla noin 2200 kierrosta. Laminaattikappaleista määritettiin sama puhkihioutumisarvo, mutta sen tarkkaa kierrosarvoa ei saatu, koska laminaatti ei vielä 4000 kierroksen jälkeen ollut juurikaan kulunut.



KUVIO 30. Taber-testauksessa koestetut koekappaleet, joissa tiikkiviilu on hantattu puhki kolmelta neljännekseltä käytetyn standardin vaatimusten mukaisesti

Vertailua varten selvitettiin Finnforestin Deck- ja Floor-vanerien kulumisarvot. Ko. vanerit ovat fenolipinnoitteisia lattiavanereita, joiden fenolipinnoitteen pak-

suus on Deck-vanerilla 220 g/m<sup>2</sup> ja Floor500-vanerilla 500 g/m<sup>2</sup>. Deck-vaneri kestää 700 taber-kierrosta ja Floor500 3200 taber-kierrosta (Metsä Group 2012a,b).

## 5.5 Johtopäätökset

Massiivi- ja plytiikin vertailu ei ollut kappaleiden rakenteellisten erojen vuoksi aivan helppoa. Erityisesti pinnankulumistestissä kappaleita ei voitu suoranaisesti vertailla keskenään em. syystä, vaan rinnalle piti ottaa pinnoitettuja vanereita, joiden tuloksia pystyttiin vertaamaan suorittamiini kokeisiin. Näistäkin oli vaikeaa määrittää samantapaisen kulumisarvon omaavaa vaneria, koska plytiikin käyttökohteessa ei kyseisiä materiaaleja käytetä. Vertailuun valittiin ulkokäyttöön suunniteltuja filmipintaisia vanereita Finnforestin tuotevalikoimasta. Muissa kokeissa vertailu kappaleiden välillä onnistui kohtalaisen hyvin.

Säärasitustesteissä saavutettujen tulosten mukaan erityisesti MUF-liimalla liimatut plytiikkikappaleet kestivät säärasituksia tiikkikappaleita selvästi paremmin. Tämä selittyy runkomateriaalina käytettävän vanerin ominaisuuksilla. Plytiikki on valmistettu vähintään viidestä eri kerroksesta, joista joka toinen kerros on liimattu ristiin aivan kuten normaalissa vanerissa. Tämänlaisella rakenteella kosteuseläminen jakaantuu eri suuntiin, eikä materiaalille ole ominaista eri leikkuusuuntiin olevat elämisarvot kuten massiivipuissa tuotteilla. Se, minkä takia MUF-liimalla saavutettiin selvästi parempia tuloksia RF-liimalla liimattuihin kappaleisiin nähden, selittyy liimauksen paremmalla menestyksellä. Periaatteessa kummallakin liimalla voitaisiin saavuttaa hyviä tuloksia, mutta ensimmäiset koekappaleet kärsivät heikosta laadusta, joka oli aiheutettu liimauksella; liiman levitysmäärä oli alle puolet ohjearvosta ja lisäksi liiman ainesosien suhde oli väärä. Toisessa testissä nämä ongelmat eliminoitiin tarkemmalla valmistuksella. Työsuojelun kannalta MUF-liima on hieman RF-liimaa parempi vaihtoehto.

Kummassakin rakenteessa pintamateriaalina on tiikki, minkä vuoksi UV-rasituksella saavutettiin lähes identtiset tulokset. Käytetyillä testausajoilla ei saavutettu varsinaista puuaineen tuhoutumista kuin mikroskooppisella tasolla, jolloin

kappaleita ei voida kokeen vuoksi laittaa paremmuusjärjestykseen. Kumpikin kappale vain tummui väriltään, joka on UV-valon vaikutuksista nopeimmin todettavissa. Toisaalta rakenteelliset erot ovat niin suuria, että massiivitiikkikappaleet kestävät moninkertaisesti UV-säteilyn aiheuttamaa puuaineksen hajoamista plytiikkiin verrattuna, koska kulutettava paksuus on yli kaksinkertainen.

Veneiden kansilla kappaleiden pinnat joutuvat toisinaan korkeille mekaanisille rasituksille, jolloin kappaleiden korkeasta pinnankovuudesta on paljon hyötyä. Esimerkiksi ankkurin putoaminen saattaa aiheuttaa muodonmuutoksia liian heikkoon pintaan. Myös halkeamisen vaara on säteittäisellä tiikkilistalla hyvin suuri. Näiden seikkojen vuoksi materiaalin on oltava tarpeeksi kovaa tai riittävän elastista. Kovuustestissä saavutettiin hyviä tuloksia koivuplytiikkillä, jonka kovuus oli lähes tiikin luokkaa. Havuplytiikin kovuus on liian pieni käytettäväksi kansissa, ainakin, jos tuotteille haluttaisiin myöntää pitkäikäisyä. Tämän vuoksi melkein paras vaihtoehto olisi käyttää combivaneria runkomateriaalina, jolloin saavutettaisiin molempien testattujen vanerityyppien hyviä puolia, joita ovat esim. pinnankovuus ja keveys. Esthecillä saavutettiin melko alhainen pinnankovuus, mutta materiaali on niin elastista, ettei alhainen pinnankovuus haittaa. Kovuus on kuitenkin lähes kaksi kertaa korkeampi kuin havuvanerilla. Erilaiset komposiittirakenteet ovat selvästi kestävämpiä kuin puiset veneen kannet.

Plytiikin yksi merkittävistä puutteista on pintaviilun ohuudesta johtuva puhkikulumisvaara. Keskustelupalstoilta ja alan lehdistä selvisi, että perinteinen tiikkikansi on hionnan tarpeessa noin 15–25 vuoden jälkeen. Tällöin puuaineksen on kulunut jo niin paljon, että kannelle päätyneet vesi jää seisomaan saumaurien väliin lammi-koiksi. Tämänlainen tilanne on vaaraksi puulle, koska pilaantuminen kehittyy veden vaikutuksesta voimakkaasti. Huollon kannalta ainut vaihtoehto on pinnan hiominen tasaiseksi tai lähes tasaiseksi, jolloin vesi ei jää seisomaan kannelle. Hionnassa pintaa kuluu varmasti yli millimetrin ja monissa tapauksissa yli puolitosta, jolloin plytiikin osalla oltaisiin pisteessä, jossa koko kansipala tulisi vaihtaa uuteen. Tiikkisillä kansilla kyseeseen saattaisi tulla myös matalien saumaurien ehostus, mutta muuten kansi olisi uudenveroinen ja kestäisi vielä varmasti ainakin 20 vuotta, ellei pidempään. Tästä syystä plytiikille ei voida ulkoikäkäytössä myöntää yhtä pitkää elinikää kuin massiivitiikkisille kansille.

Valmistuksen kannalta plytiikki olisi tuotantotehokkaampi valmistaa nykyisiin tuotteisiin verrattuna, mutta tehokas valmistus vaatisi vähintäänkin viiluttamiseen käytettävien laitteiden kunnostuksen tai valmiin viilutetun raaka-aineen hankkimisen. Erityisesti liimoittamiseen olisi syytä panostaa ja eri vaihtoehtoja tutkittava MUF-liiman kannalta. Tuotteella pystyttäisiin nostamaan tuotantoastetta ainakin CNC-koneistusten osilta. Monesti tuotannossa pullonkauloja esiintyy juurikin kyseisillä koneilla, jolloin saatettaisiin joutua suorittamaan lisäinvestointeja, mikäli kansituotteet muutettaisiin pääosin tiikistä plytiikkiin.



## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia RMJ Saksman Oy:n kehittämän plytiikin ominaisuuksia ja suorittaa vertailua tiikkisten kansipalojen kanssa. Työn teoriaosuudessa tutkittiin tuotekehitystä erityisesti puuteollisuuden kannalta.

Suomessa puuteollisuuden yritykset ovat monesti pk-yrityksiä, joissa tuotekehitys on tyypillisesti perinteistä tuotekehitystoimintaa, jolle on ominaista pienehköt resurssit. Tuotekehitys on kuitenkin yrityksen toiminnan kannalta yksi keskeisimmistä keinoista menestyä.

Kokeellisessa osassa mitoitettiin, suunniteltiin, valmistettiin ja testattiin plytiikkiä. Testausten peruseräite oli verrata tiikin ja plytiikin eroja niin hyvin kuin se oli kukin koemenetelmä huomioiden mahdollista. Testausmenetelmät valittiin normaalin veneilykauden rasituksia simuloiviksi. Näitä olivat UV-säteilyn, kosteus- ja lämpötilavaihteluiden, kulutuksenkestävyyden ja pinnankovuuden tutkiminen.

Tutkimuksen tavoitteena oli antaa suuntaa plytiikin ominaisuuksista tiikkikansiin nähden. Tavoitteisiin oli paikoittain vaikeahkoa päästä. Osa vertailevista tutkimuksista oli suoritettava toisille materiaaleille rakenteellisten erojen vuoksi, mistä johtuen suoraa vertailua tiikin ja plytiikin välillä ei voitu suorittaa. Osassa testejä saavutettiin hyviä tuloksia toisen ominaisuuden ollessa samalla huono. Tämä oli selvästi huomattavissa esimerkiksi säärasitustesteissä, joissa plytiikillä olivat pienemmät muodonmuutokset, mutta suurempi kosteuden imeytyvyys. Tarkkaa elinikää plytiikille ei voida varmuudella ilmoittaa, koska se riippuu monesta eri seikasta, joita ovat mm. mekaaniset rasitukset, puuaineksen pilaantuminen tai tuhoutuminen ja kansiosien huoltaminen.

Mikäli plytiikkiä halutaan tutkia edelleen ja kehittää, on syytä keskittyä pinnankulumiseen ja lahonkeston. Asiakkaita varten olisi ensimmäiseksi selvitettävä plytiikin neliöhinta sekä realistinen elinikä. Neliöhinnan pystyisi selvittämään melko yksinkertaisesti ja tarkasti valmistamalla nollasarjan johonkin veneeseen kuluneen työajan ja materiaalikulutuksen avulla. Elinikää tulisi arvioida mittaamalla esim. yhden veneilykauden aiheuttamien rasitusten määrää ja pinnan fyysistä kulumista. Nämä arviot voisi suhteuttaa valmiin tuotteen viilunpaksuuksiin, jolloin saisi kes-

kimääräisen kulumisiän ainakin normaalikäytössä selville. Lisäksi plytiikkiä voisi rasittaa veneilylle tyypillisten esineiden aiheuttamilla kolhuilla. Lahonkestoa voisi selvittää määrittämällä koestusmuutosten suuruuden oikeissa olosuhteissa, ja tutkimalla mahdollista lahon syntyä mikroskooppitutkimuksena.

Tuotekehitys tulisi seuraavaksi keskittää erilaisiin markkinatutkimuksiin ja kenttäselvitystöihin. Erityisesti tulisi selvittää kilpailevien materiaalien kilpailuvaltit ja osuudet markkinoilla plytiikkiin nähden. Mikäli kiinnostusta olisi, asiakkaille voisi valmistaa koesarjoja heidän omiin tutkimuksiinsa. Mikäli tuotetta kehitettäisiin rakenteellisesti eteenpäin, tulisi keskittyä lahonkestäviin runkomateriaaleihin tai käsittelyaineisiin sekä erityisesti kestävämmän pintamateriaalin löytämiseen. Tällöin voitaisiin eliminoida tuotteen elinikään liittyviä eroja perinteisten kansien ja plytiikin välillä.

## LÄHTEET

### **Painetut lähteet:**

Broch, O.-J. 1995. Puuvene: Limisauma, tasasauma, ristiinlaminointi, korjaukset ja huolto. Saarijärvi: Gummerrus.

Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. Neljäs tarkastettu ja korjattu jatkopainos. Helsinki: Valopaino Oy.

Juuri-Oja, H. 2006. Kansikatteeksi monta vaihtoehtoa. Venelehti 9/2006, 72 – 73.

Koponen, H. 1999. Puuteollisuuden tuotekehitys. Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Puutekniikan laboratorio, Tiedonanto 77. Espoo: Libella.

Lavikainen, P. 2007. TUOTANNONOHJAUS. Opintomateriaali. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala.

Mali, J. 1980. Kotimaisten puulajien ja tuontipuulajien tekniset ominaisuudet ja käyttö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Puulaboratorio, Tiedonanto 3. Espoo: VTT Offsetpaino.

Metsäteollisuus ry. 2005. Vanerikäsikirja. Lahti: Kirjapaino Markprint Oy.

Murto, M. & Utter, T. 1995. Toiveena tiikkikansi. Venelehti 10/1995, 27.

Rissanen, T. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

SFS EN 438-2. 2005. High-pressure decorative laminates (HPL) - Sheets based on thermosetting resins (usually called Laminates) - Part 2: Determination of properties. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS EN 1534. 2011. Wood flooring. Determination of resistance to indentation. Test method. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

### **Elektroniset lähteet:**

Bolidt. 2012. Esthec ® [viitattu 19.3.2012]. Saatavissa:

[http://www.bolidt.nl/esthec/mambots/content/lightThumb/thumbs/esthecimages\\_1ongisland.jpg](http://www.bolidt.nl/esthec/mambots/content/lightThumb/thumbs/esthecimages_1ongisland.jpg)

Bruynzeel Multipanel. 2012. WOODMARINE DECK – DECKING BOARD [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa:

[http://www.bruynzeelmultipanel.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=24:woodmarine-deck-contreplaque-pour-ponts&catid=4&Itemid=25](http://www.bruynzeelmultipanel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=24:woodmarine-deck-contreplaque-pour-ponts&catid=4&Itemid=25)

Esthec. 2012a. About Esthec; Advantages [viitattu 13.2.2012]. Saatavissa:

[http://www.bolidt.nl/esthec/index.php?option=com\\_content&task=view&id=14&Itemid=121](http://www.bolidt.nl/esthec/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=121)

Esthec. 2012b. F.A.Q. [viitattu 13.2.2012]. Saatavissa:

[http://www.bolidt.nl/esthec/index.php?option=com\\_content&task=view&id=47&Itemid=171](http://www.bolidt.nl/esthec/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=171)

Flexiteek. 2011. The environmental teak deck alternative [viitattu 11.12.2011].

Saatavissa:

<http://www.flexiteek.com/getfile.php/files/Global%20Brochure%202008.pdf>

Flexiteek International AB. 2012. Products – Flexiteek boat flooring [viitattu 19.3.2012]. Saatavissa: [http://www.flexiteek.com/wp-](http://www.flexiteek.com/wp-content/themes/infocus/lib/scripts/timthumb/thumb.php?src=http://www.flexiteek.com/wp-content/uploads/Flexiteek-original-black.jpg&w=100&h=144&zc=1&q=100)

[con-](http://www.flexiteek.com/wp-content/themes/infocus/lib/scripts/timthumb/thumb.php?src=http://www.flexiteek.com/wp-content/uploads/Flexiteek-original-black.jpg&w=100&h=144&zc=1&q=100)

[tent/themes/infocus/lib/scripts/timthumb/thumb.php?src=http://www.flexiteek.com/wp-content/uploads/Flexiteek-original-black.jpg&w=100&h=144&zc=1&q=100](http://www.flexiteek.com/wp-content/themes/infocus/lib/scripts/timthumb/thumb.php?src=http://www.flexiteek.com/wp-content/uploads/Flexiteek-original-black.jpg&w=100&h=144&zc=1&q=100)

- Houthandel Van de Stadt BV. 2012. Company information [viitattu 7.3.2012].  
Saatavissa: <http://www.vandestadttimber.com/company-information-timber-van-de-stadt.html>
- KATMI Consulting Oy. 2002. Tuloksia tuotekehityksellä [viitattu 28.11.2011].  
Saatavissa: <http://www.katmi.com/Strat-valinnat.pdf>
- Metsä Group. 2012a. Finnforest Deck-esite [viitattu 13.2.2012]. Saatavissa:  
[http://www.metsawood.fi/ratkaisut/latausalue/Documents/Deck\\_FI.pdf](http://www.metsawood.fi/ratkaisut/latausalue/Documents/Deck_FI.pdf)
- Metsä Group. 2012b. Finnforest Floor-esite [viitattu 13.2.2012]. Saatavissa:  
[http://www.metsawood.fi/ratkaisut/latausalue/Documents/Floor\\_FI.pdf](http://www.metsawood.fi/ratkaisut/latausalue/Documents/Floor_FI.pdf)
- Puukeskus. 2011. Tietoa puulajeista, Tiikki [viitattu 7.12.2011]. Saatavissa:  
<http://www.puukeskus.fi/ideat-ja-ohjeet/tietoa-puulajeista/tiikki>
- Sika Finland. 2011a. Puukannen liimaus ja saumaus [viitattu 25.5.2011]. Saatavissa:  
[http://fin.sika.com/fi/solutions\\_products/01/01a006/01a006sa02/01a006sa02100/01a006sa02106.html](http://fin.sika.com/fi/solutions_products/01/01a006/01a006sa02/01a006sa02100/01a006sa02106.html)
- Sika Finland. 2011b. Tuotetietoesite, Sikaflex -298 [viitattu 25.5.2011]. Saatavissa:  
<http://fi01.webdms.sika.com/files/show.do?documentID=304>
- STAZO. 2012. MARINEDECK® NC milling of PreFabs [viitattu 19.3.2012].  
Saatavissa: [http://www.stazo.nl/preFabs\\_Engels.pdf](http://www.stazo.nl/preFabs_Engels.pdf)
- TEK-DEK EXTREME LTD. 2012. Tek-Dek Flexible (Power boats) [viitattu 19.3.2012]. Saatavissa: [http://tek-dek.com/sites/default/files/imagecache/gallery-thumbnail/gallery/IMG\\_0116\\_0.JPG](http://tek-dek.com/sites/default/files/imagecache/gallery-thumbnail/gallery/IMG_0116_0.JPG)
- Treadmaster. 2010a. TK (Teak effect decking) [viitattu 11.12.2011]. Saatavissa:  
<http://www.treadmaster.co.uk/teak.html>

Treadmaster. 2010b. TK (Teak effect decking) [viitattu 19.3.2012]. Saatavissa: [http://www.treadmaster.co.uk/images/marine\\_swatch.jpg](http://www.treadmaster.co.uk/images/marine_swatch.jpg)

Yangon Wood Industries Limited. 2011. Overview of teak plantation history in the world [viitattu 7.12.2011]. Saatavissa: [http://ywil-teak.com/history\\_teak\\_plantation\\_%20in\\_the\\_world.htm](http://ywil-teak.com/history_teak_plantation_%20in_the_world.htm)

## LIITTEET

LIITE 1. Brinell-kovuustestin tulokset: kuiva massiivitiikki

LIITE 2. Brinell-kovuustestin tulokset: märkä massiivitiikki

LIITE 3. Brinell-kovuustestin tulokset: kuiva havuplytiikki

LIITE 4. Brinell-kovuustestin tulokset: märkä havuplytiikki

LIITE 5. Brinell-kovuustestin tulokset: kuiva koivuplytiikki

LIITE 6. Brinell-kovuustestin tulokset: märkä koivuplytiikki

LIITE 7. Brinell-kovuustestin tulokset: Esthec

LIITE 8. Brinell-kovuustestin tulokset: raitatiikkilaminaattilevy

LIITE 1. Brinell-kovuustestin tulokset: kuiva massiivitiikki

**KOEKAPPALERYHMÄN TULOKSET**



**Koekappaleryhmän yhteiset tiedot**

**Pyöreäkin testaus**

Brinell-kovuus						
Plyteenk vs massiivitiikki						
Projekti	Brinell-kovuus	Koestuspäivä	30.11.20			
Erä	Massiivitiikki	Koestaja	H. Vainio			

Koekappale	Kovuus [HBW] Voima [N]	Tippoama [mm] Koealka [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [N] c2 [N] c3 [mm]	Huom
1	2,7 -1 485,4	-0,82 35,0	6,4 6,4 6,4		
2	2,6 -1 518,0	-1,08 35,0	6,5 6,7 6,6		
3	2,5 -1 531,0	-1,09 35,0	6,7 6,7 6,7		
4	2,5 -1 512,8	-0,91 35,0	6,8 6,6 6,7		
5	2,7 -1 472,3	-0,93 35,0	6,6 6,2 6,4		
6	2,7 -1 507,8	-1,00 35,0	6,5 6,5 6,5		
7	2,7 -1 474,2	-0,86 35,0	6,6 6,4 6,5		
8	2,6 -1 528,6	-0,98 35,0	6,8 6,4 6,6		
9	2,7 -1 461,6	-0,88 35,0	6,5 6,5 6,5		
Keskiarvo X	2,6 -1 499,1	-0,95 35,0	6,6 6,5 6,5	0,0003 -0,0001 1,626	
Hajonta s	0,1 26,1	0,10 0,0	0,1 0,2 0,1	0,0004 0,0000 0,000	





**Koekappaleri ryhmän yhteiset tiedot**

**Plyteakkin testaus**

Brinell-kovuus  
Plyteak vs massiivitiikki  
Projekti Brinell-kovuus  
Erä Massiivitiikki\_märkä

Koestuspäivä 30.11.20  
Koestaja H. Vaitio

Koekappale	Kovuus Voima [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
1	2,5 -1 428,7	-0,65 35,0	6,1 6,2 6,2		
2	2,3 -1 491,0	-0,81 35,0	6,4 6,5 6,5		
3	2,3 -1 498,5	-0,82 35,0	6,3 6,4 6,4		
4	2,2 -1 564,7	-0,87 35,0	6,4 6,5 6,5		
5	2,4 -1 434,3	-0,81 35,0	6,1 6,4 6,3		
6	2,2 -1 497,0	-0,94 35,0	6,5 6,5 6,5		
7	2,4 -1 485,5	-0,98 35,0	6,3 6,3 6,3		
8	2,2 -1 548,7	-1,51 35,0	6,4 6,5 6,5		
9	2,1 -1 642,2	-1,45 35,0	6,8 6,7 6,8		
Keskiarvo X	2,3 -1 510,1	-0,98 35,0	6,4 6,4 6,4	0,0003 -0,0001 1,626	
Hajonta s	0,1 66,7	0,30 0,0	0,2 0,1 0,2	0,0004 0,0000 0,0000	

LIITE 2. Brinell-kovuustestin tulokset: märkä massiivitiikki

### LIITE 3. Brinell-kovuustestin tulokset: kuiva havuplytiikki

#### KOEKAPPALERIHMÄN TULOKSET



#### Koekappaleriuhmän yhteiset tiedot

Brinell-kovuus	Plyteakkin testaus		
Plyteak vs massiivitiikki			
Projekti	Brinell-kovuus	Koestuspäivä	30.11.20
Erä	Havuplyteak	Koestaja	H. Vaito

Koekappale	Kovuus Voima [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
1	0,6 -1 847,1	-3,71 35,0	10,0 10,0 10,0		
10	0,8 -1 727,8	-2,92 35,0	9,6 9,6 9,6		
2	0,9 -1 777,9	-3,12 35,0	9,9 9,8 9,9		
3	0,7 -1 900,1	-3,85 35,0	9,8 9,9 9,9		
4	0,7 -1 944,5	-4,01 35,0	9,7 9,8 9,8		
5	0,8 -1 897,9	-4,01 35,0	10,0 10,0 10,0		
6	0,8 -1 831,7	-3,44 35,0	9,8 9,6 9,7		
7	0,6 -1 836,2	-3,46 35,0	9,6 9,7 9,7		
8	0,8 -1 811,8	-3,54 35,0	9,6 9,7 9,7		
9	0,8 -1 778,8	-3,43 35,0	9,7 9,9 9,8		
Keskiarvo X	0,8 -1 835,4	-3,55 35,0	9,8 9,8 9,8	0,0003 -0,0001 1,626	

Koekappale	Koivus Voima [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [°] c2 [°] c3 [mm]	Huom
Hajonta s	0,1 65,6	0,36 0,0	0,2 0,1 0,2	0,0004 0,0000 0,000	

LIITE 4. Brinell-kovuustestin tulokset: märkä havuplytiikki

**KOEKAPPALERYHMÄN TULOKSET**



**Koekappaleryhmän yleiset tiedot**

Plyveekin testaus

Brinell-kovuus  
Plyveak vs massiivitiikki

Projektin nimi: Brinell-kovuus

Era: Havuplyveak\_märkä

Koestuspäivä: 30.11.20

Koestaja: H. Vaitto

Koekappale	Kovuus Voima [N]	Uppomaan [mm] Koealka [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
1	0,7 -910,2	-1,94 35,0	8,4 8,4 8,4		
10	0,7 -1 000,6	-2,57 35,0	8,2 8,4 8,3		
2	0,7 -945,0	-2,09 35,0	8,2 8,3 8,3		
3	0,7 -994,2	-2,50 35,0	8,1 8,2 8,2		
4	0,7 -962,1	-2,44 35,0	8,3 8,3 8,3		
5	0,7 -918,6	-2,39 35,0	8,3 8,3 8,3		
6	0,7 -967,6	-2,22 35,0	8,5 8,5 8,5		
7	0,7 -968,6	-2,04 35,0	8,3 8,4 8,4		
8	0,7 -954,1	-2,20 35,0	8,2 8,1 8,2		
9	0,7 -955,3	-2,18 35,0	8,1 8,2 8,2		
Keskisarvo X	0,7 -957,6	-2,26 35,0	8,3 8,3 8,3	0,0003 -0,0001 1,626	





## KOEKAPPALERYHMÄN TULOKSET



### Koekappaleiden yleiset tiedot

Brinell-kovuus

Plyteakin testaus

Projekti Brinell-kovuus

Koestuspäivä 30.1.201

Erä Lasikuunkomposiitti

Koestaja H. Vaitio

Koekappale	Kovuus [HBW] Voima [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
1	1,4 -4125,6	-2,39 35,0	8,2 8,4 8,3		
10	1,6 -4194,2	-2,36 35,0	7,9 8,1 8,0		
2	1,6 -4150,2	-2,73 35,0	7,9 8,1 8,0		
3	1,4 -4243,4	-2,94 35,0	8,4 8,2 8,3		
4	1,5 -3990,7	-1,35 35,0	8,1 8,3 8,2		
5	1,4 -4164,7	-2,50 35,0	8,3 8,5 8,4		
6	1,5 -4035,3	-1,78 35,0	8,0 8,2 8,1		
7	1,5 -3974,7	-1,23 35,0	8,3 8,2 8,3		
8	1,4 -4191,3	-2,51 35,0	8,3 8,4 8,4		
9	1,5 -4186,6	-2,44 35,0	8,1 8,2 8,2		
Keskiarvo X	1,5 -4125,7	-2,22 35,0	8,2 8,3 8,2	0,0003 -0,0001 1,626	

Koekappale	Korvus [HBV] Volma [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
Hajonta s	0,1 93,0	0,57 0,0	0,2 0,1 0,2	0,0004 0,0000 0,0000	





**Koekappaleryhmän yleiset tiedot**

Brinell-kovuus

Plyteakkin testaus

Projekti Brinell-kovuus  
Erä Raitatannaatti

Koestuspäivä 30.1.201  
Koesijä H. Voitto

Koekappale	Kovuus [HBW] Voima [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
1	2,8 -1 513,0	-0,73 35,0	6,3 6,4 6,4		
10	3,0 -1 504,7	-1,55 35,0	6,2 6,1 6,2		
2	3,2 -1 478,1	-0,69 35,0	6,0 6,0 6,0		
3	3,2 -1 442,1	-0,66 35,0	5,9 6,1 6,0		
4	3,3 -1 469,4	-0,61 35,0	5,9 5,9 5,9		
5	3,2 -1 487,6	-0,67 35,0	6,0 6,0 6,0		
6	3,1 -1 477,0	-0,75 35,0	6,0 6,1 6,1		
7	3,4 -1 417,5	-0,59 35,0	5,9 5,8 5,9		
8	3,5 -1 429,1	-0,56 35,0	5,8 5,7 5,8		
9	3,4 -1 488,3	-0,62 35,0	5,8 5,8 5,8		
Keskiaivo X	3,2 -1 470,7	-0,74 35,0	6,0 6,0 6,0	0,0003 -0,0001 1,626	

LIITE 8. Brinell-kovuustestin tulokset: Raitatiikkilaminaattilevy

Koekappale	Korvus [HBV] Volina [N]	Uppoama [mm] Koeaika [s]	D1 [mm] D2 [mm] (D1+D2)/2 [mm]	c1 [V] c2 [V] c3 [mm]	Huom
Hajonta s	0.2 31.7	0.29 0.0	0.2 0.2 0.2	0.0004 0.0000 0.0000	