

Marianna Nyström

## **Hiilikuidun käyttö huonekaluissa**

Hiilikuidun käytön mahdollisuuksien tutkiminen huonekalusuunnittelussa ja huonekaluteollisuudessa suunnittelutyön kautta.

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

AK11 Teollinen kalustemuotoilu

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: liiketoiminnan ja kulttuurin yksikkö

Tutkinto-ohjelma: muotoilun koulutus ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: teollinen huonekalumuotoilu

Tekijä: Marianna Nyström

Työn nimi: Hiilikuidun käyttö huonekaluissa. Hiilikuidun käytön mahdollisuuksien tutkiminen huonekalusuunnittelussa ja huonekaluteollisuudessa suunnittelutyön kautta.

Ohjaaja: Jaakko Purtanen, Vuokko Takala-Schreib

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 74 Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tässä projektissa käsiteltiin hiilikuitua huonekalumuotoilun näkökulmasta ja pohdittiin materiaalin tuomia mahdollisuuksia huonekaluteollisuuteen. Hiilikuidusta valmistettavan tuotteen suunnitteluprosessia avattiin myös. Projektin tavoite oli oppia hiilikuidun käytön perusteet, pohtia sen tuomia mahdollisuuksia huonekaluteollisuudessa ja tutkitun tietouden pohjalta kokeilla käytännön suunnittelun kautta hiilikuidun mahdollisuuksia huonekalussa. Suunnitteluprosessista syntyy valmistettavissa oleva konsepti, mutta ei prototyyppiä.

Tekstissä tutkittiin hiilikuidun ja siitä valmistettavien komposiittien historiaa, valmistusta, kierrätystä ja perus työstömenetelmiä. Hiilikuidun ominaisuudet ja työstömenetelmät rajattiin käsittämään ainoastaan alueita, joita voidaan hyödyntää huonekalusuunnittelussa. Tutkimusosuus syvennettiin koskemaan huonekaluteollisuutta ja pohtimaan huonekaluteollisuuden tilaa sekä hiilikuidun tuomia mahdollisuuksia sen kehittämiseen. Tämän jälkeen keskityttiin kansituolin suunnitteluprosessiin ja siitä syntyneeseen konseptiin sekä lopussa valittuihin toteutettaviin ratkaisuihin.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: Faculty of business and culture

Degree programme: Design

Specialisation: Industrial furniture design

Author/s: Marianna Nyström

Title of thesis: Carbon Fiber in furniture. Research of carbon fibers possible usage in furniture design and industry through design process.

Supervisor(s): Jaakko Purttanen, Vuokko Takala-Schreib

Year: 2015      Number of pages: 74      Number of appendices: 0

---

This project is about learning from carbon fiber and its possible usage in furniture industry through design process of a deck chair. The goal for this project is to get to know carbon fiber as material and explore its possibilities and molding techniques. This knowledge is used with the furniture design process and to speculate its possible usage in furniture industry. This design process will go far enough to produce usable concept and plan according to the chair can be build. Actual prototype will not come out during this theses project.

This report tells about carbon fiber, how it is made, about its history and recycling and about its possibilities from the material aspect. After closer look into carbon fiber, the knowledge is used to speculate what carbon fiber can bring to furniture industry. Then the design process, where carbon fibers possibilities are tried out, is opened and explained step by step.

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvaluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	10
Johdanto.....	11
1 Asiakas yrityksen esittely .....	12
2 Syventävän taustat.....	13
3 Materiaalit ja tekniikka .....	16
3.1 Hiilikuitu historiasta tulevaisuuteen .....	16
3.2 Hiilikuidun valmistus .....	17
3.3 Hiilikuidun kierrätys .....	18
3.4 Materiaalin ominaisuudet ja mahdollisuudet .....	20
3.5 Komposiittien valmistus.....	24
3.6 Muut materiaalit.....	29
3.6.1 Lasikuitu vaihtoehtona. ....	29
3.6.2 Laminoitu pellava .....	30
3.6.3 Istuimen kangas.....	32
4 Hiilikuitu huonekaluteollisuudessa.....	33
4.1 Huonekaluteollisuuden tila .....	33
4.2 Pohdintaa hiilikuidun mahdollistamista ratkaisuista .....	34
5 Suunnittelu .....	36
5.1 Suunnittelulle taustaa .....	36
5.2 Ensimmäinen konsepti .....	38
5.2.1 Palaute .....	42
5.2.2 Jatkokehittelyyn valittu konsepti.....	43
5.3 Konsepti 2 .....	43
5.3.1 Palaute .....	51
5.3.2 Jatkokehitykseen valittu konsepti.....	52

5.4	Konsepti 3 .....	53
5.4.1	Palaute .....	60
5.4.2	Ratkaisut .....	60
6	Lopullinen konsepti.....	61
6.1	Lopulliset rakenteet .....	62
6.2	Tehtävänantajan kommentit ja arviointi.....	64
7	Yhteenveto ja pohdinta.....	66
	Lähteet.....	68

## Kuvaluettelo

Kuva 1 Syventävässä syntynyt konsepti. ....	14
Kuva 2 Toinen versio samasta konseptista. ....	14
Kuva 3 Esimerkki tyylistä "restrained elegance".(Upton, 2015) .....	15
Kuva 5 "Restrained elegance." (Archstyle, 2015) .....	15
Kuva 6 RC 416- matosta esimerkki. Syyt on kudottu 0 ja 90 asteen kulmaan.....	21
Kuva 7 RC 203T On muuten kuin RC 416, mutta syy tiehys on eri. Kudottu tiivimpää ja käytetään usein näkyviin jäävissä osissa. ....	21
Kuva 8 UTC 300- matto on pitkittäissuuntaan kudottua mattoa. ....	22
Kuva 9 XC 411 on 45 asteen kulmaan kudottua mattoa. Tiheintä ja kestäväntä, mitä kuivalaminoinnissa käytetään.....	22
Kuva 10 UC 300. Yhden suuntaista 45 asteen kulmaan kudottua mattoa. ....	22
Kuva 11 XC 400 Prepreg mattoa. Nimen merkintä tarkoittaa, että kuidut on kudottu x:n mallisesti 45 asteen kulmaan toisiinsa nähden ja matto on 400mm leveää. ...	23
Kuva 12 C 300 mattoa. Kuidut ovat pitkittäissuunnassa ja matto on 300 mm leveää. Tähän ei tarvitse erikseen ommella kuituja kasaan, koska esilisätty hartsi pitää kuidut kasassa.....	23
Kuva 13 Näyte Sprint matosta. Periaatteessa samalla idealla kuin Prepreg matot, mutta eri tuotemerkkiä, siitä eri nimi. Ainoana erona Prepreg- mattoon on, että tässä ei ole liimapintaa ja sen tähden asennettaessa siihen täytyy lisätä sprayliimaa. Matto on sekä kestävä, että paksua.....	23
Kuva 14 Muotin esivalmistelua. Muotin liian teräviin kulmiin asetetaan SvaPond-kittiä, koska käyttämämme hiilikuitumatto ei taivu alle viiden millimetrin pyöristyksiin.....	24

Kuva 15 Ensimmäiset kaksi kerrosta hiilikuitua on laminoitu. Esileikatut hiilikuitu matot on aseteltu muotin ympärille niin, että yhden sivun matot ovat yhdessä kasassa, jotta pysyy tarkka luku valmiista kerroksista. ....	25
Kuva 16 Kaikki kerrokset on laminoitu ja Hartsin .....	25
Kuva 17 Laminaatti Peelplyn asettamisen jälkeen. Tämä kerros varmistaa muiden laminaatin päälle tulevien materiaalien irtoamisen.....	27
Kuva 18 Release film asetettuna paikalleen. Reititetty silkkipaperi mainen kerros mahdollistaa liiallisen hartsin poistumisen.....	27
Kuva 19 Preader kangas tulee vielä ennen muovia. Sen ansiosta imun ollessa päällä, kaikki ilma lähtee tasaisesti ja laminointi jälki pysyy laadukkaana.....	27
Kuva 20 Kun muovi ja muovin tasaisen asettumisen muotin päälle mahdollistavat vedit on paikallaan, laminaatti on valmis imua varten. Kuvassa myös Jonny Svenfelt. ....	28
Kuva 21 Laminaatti sen jälkeen, kun imu on laitettu päälle.. Hartsin imeytyy Preader kankaan läpi. Noin tunnin päästä laminaatin laitetaan uuniin kovettumaan. ....	28
Kuva 22 Seuraavana päivänä saamme ihastella laminaattia kovettuneena ja valmiina vietäväksi pintakäsittely osastolle. Kulmissa näkyvät harmaat alueet ovat SvaPondia. ....	28
Kuva 23 Kuivat Pellavamatot ovat valmisteltuna laminointia varten. ....	31
Kuva 24 Laminoitua pellavaa, kun Peelply on vielä kiinni.....	31
Kuva 25 Pellavan tekstuuri lähemmin. ....	32
Kuva 26 Esimerkki splash coverista. Kangas, jota käytän istuimena, on samaa kuin mitä näissä käytetään. ....	32
Kuva 27 Esimerkki empire tyylistä tuolista (Arcstyle, 2015). ....	36
Kuva 28 Toinen esimerkki Empirestä (Polyvore, 2015). ....	36
Kuva 29 Esimerkki perinteisestä kansituoli mallista (C. Quip, 2015). ....	37

Kuva 30 Esimerkki kansituolista, jonka arvoa on pyritty nostamaan materiaaleilla muotoilun sijaan (Houzz, 2015).....	37
Kuva 31 Luonnos konseptin ensimmäisestä versiosta nimeltä Godess.....	38
Kuva 32 Tarkemmin hahmoteltu miten kangasistuin asettuisi muotoon ja taittomekanismin hahmotelma.....	38
Kuva 33 Esityskuva Godess konseptista. ....	39
Kuva 34 Esityskuva Godess konseptista materiaalien kanssa. ....	39
Kuva 35 Luonnos konseptin toisesta versiosta nimeltä Rebell. ....	40
Kuva 36 Luonnos konseptin toisesta versiosta nimeltä Rebell. ....	40
Kuva 37 Esityskuva Rebell konseptista.....	41
Kuva 38 Esityskuva Rebell konseptista materiaalien kanssa.....	41
Kuva 39 Sulkumekanismin ensimmäisiä luonnoksia.....	42
Kuva 40 Luonnoksia Rebell konseptin ajtkokehittelystä.....	44
Kuva 41 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.....	44
Kuva 42 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.....	45
Kuva 43 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.....	45
Kuva 44 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.....	46
Kuva 45 Konsepti vaihtoehtoista ensimmäinen, Stretchy ja kaksi vaihtoehtoista tapaa tehdä siihen sopiva auringonotto tuoli.....	47
Kuva 46 Konsepti vaihtoehto kaksi, Leaning.....	48
Kuva 47 Vähän kehitelty versio vaihtoehto Leaningistä.....	48
Kuva 48 Konsepti vaihtoehto kolme, Sweetey. ....	49
Kuva 49 Ajatus, miten muodon saa pysymään kevyen oloisena. ....	49



Kuva 50 Luonnoksia sulkumekanismin toiminnasta.....	50
Kuva 51 1:10 pienoismalli Looping konseptista. ....	53
Kuva 52 1:10 pienoismalli valitusta konsepti vaihtoehdosta. ....	54
Kuva 53 Ergonomian tutkimista.....	54
Kuva 54 Konsepti 1. Creamy.....	55
Kuva 55 Konsepti 2. Choko.....	55
Kuva 56 konsepti 2. Choko. ....	56
Kuva 57 Konsepti 3. Bueno.....	56
Kuva 58 Konsepti 3. Bueno.....	56
Kuva 59 Konsepti 4. Delicious.....	57
Kuva 60 Konsepti Delicious.....	57
Kuva 61 Konsepteissa Creamy ja Delicious oleva kevennys leikkauskuvana esitetty. ....	58
Kuva 62 Sulkumekanismi vaihtoehto. ....	59
Kuva 63 Sulkumekanismi, johon päädyin.....	59
Kuva 64 lopulliseksi konseptiksi valittu Creamy. ....	61
Kuva 65 Tere nauhaa. Eli tämä ommellaan kankaan reunaan ja pujotetaan uraan. ....	62
Kuva 66 Luonnos kankaan kiinnityksestä. ....	62
Kuva 67 Tekninen piirustus tuolin perusrakenteesta. Sisältäen vain ääriimitat. ....	63
Kuva 68 Tekninen piirustus tuolin sulkumekanismista. Kuva ilman mittoja.....	63

## Käytetyt termit ja lyhenteet

Termi Termin merkitsemiseen käytetään kappaletyyliä *Oma-Termi*. Termin jälkeen napautetaan kerran sarkainnäppäintä. Selite kirjoitetaan tämän jälkeen ilman enterin painalluksia.

**Toinen termi** Maalaa lopuksi kukin termi yksi kerrallaan ja valitse lihavoitu. Word 2007 ja uudemmissa versioissa voit tehdä monivalinnan käyttämällä Ctrl -näppäintä ja lihavoida kaikki termit kerralla.

## Johdanto

Projektin pääasiallinen tavoite on tutustua hiilikuituun materiaalina ja opetella sen työstömenetelmiä. Opittua tietoutta sovelletaan tuotekehityksessä huonekalun suunnitteluun ja pohditaan hiilikuidun mahdollisuuksia huonekaluteollisuudessa. Etenkin suomalainen huonekaluteollisuus on jatkuvasti heikkenemässä, pohditaan mahdollisuuksia kehittää alaa pääasiassa hiilikuidun käytön kautta. Otan huomioon myös muiden laminoitavien materiaalien mahdollisuuksia

Ensin käyn läpi lyhyesti syventävän projektini, joka toimii pohjana opinnäytetyölleni. Syventävän projektin aikana tutustuin jo käyttäjään ja työnantaja yritykseen. Nämä tiedot olen sisällyttänyt selontekoon kyseisestä projektista. Tämän jälkeen jatkan tarkastelemaan hiilikuitua materiaalina. Hiilikuidun käyttömahdollisuuksia tutkin käytännön laminointi kokeilun ja Baltic Yachts yritykselle suunnittelemani kansituolin suunnittelu prosessin kautta. Projekti käsittää myös tuotekehitys osuuden, jossa käyn vaiheittain läpi suunnitteluprosessia, liittyen suunnittelemaani hiilikuidusta valmistettavaan kansituoliin. Suunniteltava tuote kehitetään konsepti tasolle. Lopullinen tuote on toteutettavissa oleva konsepti, mutta varsinaista prototyyppiä ei vielä tämän projektin aikana synny.

Syventävän projektin tehtävänantona oli kehitellä visuaalinen konsepti kansituolista Baltic Yachts- veneenrakennus yritykselle. Konseptin tarkoituksena on toimia osana tukemassa yrityksen brändin rakennusta. Tehtävänantaja on suunnitteluosaston esimies Pekka Laurila. Syventävä projekti käsitteli tuotemuotoilun lisäksi tutkimuksen brändistä, brändin rakennuksesta ja sen vaikutuksesta tuotemuotoiluun. Projektissa syntynyt konsepti toimii pohjana opinnäytetyölleni. Tässä projektissa jatkan tuotteen kehittelyä niin ergonomian ja toimivan ulkomuodon kuin tekniikan, työstön ja rakenteiden näkökulmasta. Tutkimuksessa käytetyt lähdemateriaalit ja kommunikointi työpaikallani tapahtuu pääasiassa englanniksi. Tarvittavan materiaalin ja tietouden suomennokset olen tehnyt itse. Olen merkannut termien yhteyteen sulkuihin alkuperäisen sanan.

## 1 Asiakas yrityksen esittely

Asiakkaani Baltic Yachts on maailman johtava purjeveneiden valmistaja ja arvostettu laadussa ja materiaalien innovatiivisessa käytössä (Laurila.2015). Vuonna 1973 perustettu yritys on kasvanut viimeisen viiden vuoden aikana muutaman kymmenen ihmisen yrityksestä yli 200 hengen työllistäjäksi. Nopea kasvu on vaikuttanut työntekijöiden kädenjäljen näkymisen vähenemiseen ja työntekijöiden henkilökohtaisen intohimon vähenemiseen, mitkä ovat olleet yrityksen valttikortteja ja tärkeitä menestystekijöitä maailmalla. Nykyään Balticin pitää venemaailman huipulla kehittyneet työstömenetelmät ja komposiitti materiaalien käyttö. Siitä huolimatta, että yrityksessä valmistetaan suuria veneitä, ovat ne kevyimpiä maailmassa.

Baltic on edelleen tunnettu myös laadusta. (Laurila, 2015) Vaikka intohimo rakentajilta puuttuu, johto pitää edelleen kiinni myös menneistä arvoista. Nykyinen motto ”*Light, stiff and fast*” pitää joka veneen kohdalla paikkansa ja viime vuosina valmistetut veneet ovat saaneet paljon positiivista palautetta ja lukuisia palkintoja. Vuonna 2014 kesällä valmistunut *WinWin*- vene oli keväällä 2015 muun muassa *World Super Yacht Award*- voittaja, *ShowBoat Design Award*- voittaja ja se äänestettiin vuonna 2014 maailman parhaaksi veneeksi. Tämä on esimerkki vain yhdestä veneestä. Haasteena on kuitenkin ylläpitää kyseinen laatu ja arvot yrityksen kasvaessa. Sen tähden yritys panostaa t&k- toimintaan ja kouluttaa työntekijöitään säännöllisesti.

## 2 Syventävän taustat

Syventävä projekti (Nyström, 2014) lähti liikkeelle yleisestä *brändi* tutkimuksesta, sen lähtökodista ja merkityksestä nykypäivänä. Tutkiessani kysymystä, ”mitä *brändi* on?”, huomasin sen olevan laajempi ja abstraktimpi käsite kuin mitä olin ajatellut. Tutustuessani monien eri alan ammattilaisten ja *brändääjien* ajatuksiin ja päätelmiin *brändistä*, päädyin luomaan itselleni seuraavanlaisen päätelmän: *brändi* on ihmisten mielikuva. Se on myös kokemus ja tuntemus yrityksestä, joka luodaan visuaalisten ja arvoa käsittelevien elementtien kautta. Se on käyttäjän näkemä ja kokema oletus yrityksen arvoista. *Brändin* tehtävänä on rakentaa luottamusta ja vetää asiakasta luokseen. Huonosti rakennettuna se saa asiakkaan epäilemään yritystä ja sen arvoja. *Brändiin* ei sisälly pelkästään teoreettisia yrityksen sisällä sovittuja arvoja ja mainoslauseita. Siihen tulee sisältyä myös käytännön toteutus, joka tukee yhdessä sovittua linjaa. Toteutuksen avulla arvolauseet todistetaan tosiksi ja luotu mielikuva lunastetaan.

Edellä kuvaamani päätelmät lähtökohtana lähdin miettimään, mihin tähän kaikkeen suunnittelemani kansituoli istuisi? Itse ymmärsin asian niin, että konkreettinen tuote, joka sisältää yrityksen logon, on osana tuomassa kuvaa kirjoitettujen arvojen toteutumisesta, ilmoitetun laadun paikkansapitävyydestä ja kestävydestä. Mikäli asiakas saa kansituolin, joka on kestävä, laadukas ja esteettinen, yhdistävät he nämä piirteet myös siinä olevaan valmistajan logoon. Tuolin luoma yleinen olemus on myös mukana luomassa mielikuvaa. Uusi innovatiivinen muoto, mekaniikka tai materiaali voi olla merkittävässä asemassa luomassa *brändiä*.

Tärkeää oli miettiä myös yrityksen haluama ja esittämä tyyli. (Marianna, 2014) Yleisesti Baltic Yachts toimii rikkaiden ihmisten parissa. Nykyään yrityksen valmistamat veneet ovat yksinkertaisia, vaaleita ja elegantteja. Kysyin yrityksen vanhemmilta työntekijöiltä, minkälaisena he näkevät Balticin tyylin. Matts Strömsnäs (2015) kiteytti tyylin sanoihin ”restrained elegance” (ks.kuvat 3-5). Muut olivat samaa mieltä. Tämä oli siis se suunta, johon olin menossa.

Tehtävänantajayrityksen tyylin auettua paremmin, alkoi luonnostelu ja suunnittelu. (Nyström, 2014) Vaikka tarkoituksena oli luoda esteettinen konsepti, hairahduin

liikaa miettimään mekaniikkaa ja toimintamallia. Keskityin loppupeleissä hyvin paljon kansituolin toimintaan, sen keveyteen ja materiaaleihin. Toki myös ulkomuoto kehittyi matkanvarrella. Lopputuloksena syntyi tuoli, joka koostuu yhdestä kankaanpalasta, minkä tehtävänä on toimia istuimena ja kahdesta hiilikuidusta valmistetusta profiilista, joiden välille kangas pingotetaan. Kuvista 1 ja 2 esitetään perusrakenne 3d-kuvin. Profiilit luovat suurimman osan esteettisyydestä ja tuoli menee kasaan horisontaalisessa suunnassa avaamalla tuolin takaa lukitus mekanismin ja viemällä profiileja lähemmäs toisiaan niin, että kangas löystyy.

Opinnäytetyön edetessä tuolin ulkomuoto ja ergonomia ovat kehittyneet paljon syventävän projektin jälkeen. Syventävän lopputuloksena ei tullut niin viimeisteltyä konseptia kuin olin toivonut. Todellinen ideointi, ajatusten pursuaminen ja luonnostelu pääsi kunnolla valloilleen vasta projektin päätyttyä.



*Kuva 1 Syventävässä syntynyt konsepti.*



*Kuva 2 Toinen versio samasta konseptista.*

*Kuva 3 Esimerkki tyylistä "restrained elegance".(Upton, 2015)*

*Kuva 4 "Restrained elegance." (Archstyle, 2015)*

### 3 Materiaalit ja tekniikka

Hiilikuitu on materiaali, jonka mahdollisuudet vaikuttaisivat toistaiseksi olevan rajattomat. Jo 1880-luvulla alkanut materiaalin kehityskaari on pääsemässä huippuunsa, kun sen mahdollisuuksia on alettu vasta kunnolla ymmärtää (Johnson, 2015). Aikaisemmin lähinnä armeijan käytössä ollut hiilikuitukomposiitti on jo rautautunut lentokone teollisuuteen, superautojen maailmaan ja veneiden valmistukseen. Hiilikuitukomposiittien käyttö on mahdollistanut muun muassa sen, että Baltic Yachts on tullut tunnetuksi keveistä, mutta suurista superveneistä (Laurila, 2015).

Tutkittavan alueen ollessa laaja, olen rajannut aiheen käsittämään alueita, joihin olen tutustunut työni kautta ja joiden uskon olevan tarpeellisia ymmärtämään materiaalia ja sen mahdollisuuksia huonekaluteollisuudessa. Historian ja valmistuksen käsittelen yleisesti, mutta tiiviisti. Materiaalien ominaisuuksien ja komposiittien valmistuksen kohdalla rajaus näkyy selvimmin. Niitäkin vaihtoehtoja on laajasti, mutta käsittelen vain tähän projektiin liittyvät keskeiset kohdat.

#### 3.1 Hiilikuitu historiasta tulevaisuuteen

Hiilikuidun historia lähtee 1800-luvulta Thomas Edisonista ja hehkulampun keksimisestä, kertoo Todd Johnson (2015) artikkelissaan *History of carbon fibers*. Johnsonin mukaan Edison eristi ensimmäiset hiilikuidut puuvillasta ja pampusta. *Chemistry for life* (2003) yhdistyksen sivuilla kerrotaan tarkemmin asiasta tekstissä *High performance carbon fibers*. Tekstin mukaan 1800-luvun kadut USA:ssa valaistiin hiilikaari lampuilla (*Carbon arc lamp*) kunnes vuonna 1879 Thomas Edison kehitti ensimmäisen hehkulampun. Hehkulampun toimintaperiaatteena on, että ohutta suikaletta materiaalia nimeltä *filament* kuumennetaan sähköllä, kunnes suikale alkaa hehkua. Ensimmäisiä *filamenttejä* tehdessään Edison keksi ensimmäisen kaupallisen hiilikuidun. *Chemistry of life* yhdistyksen julkaisussa lisätään vielä, että synteettisenhiilen teollisuuden todellinen alku on todennäköisimmin vuodessa 1886 yhtiössä nimeltä *the National Carbon Company*, nykyisellään *GarTech International*.



Hiilikuitua käytettiin lähinnä maanpuolustus tehtäviin 1980-luvulle asti, kertoo Johnson (2015). Hänen mukaansa aikaisempi käännekohta tapahtui 1950-luvulla. Silloin Rayon niminen yritys onnistui kehittämään hiilikuidun, jossa on korkea vetolujuus. *Chemistry for life* yhdistyksen (2003) edellä mainitun tekstin mukaan hiilikuidun ensimmäisen tärkeä kehitysvaihe oli tarkalleen vuonna 1958, kun hiilikuidun todellinen kasvu alkoi. Silloin tapahtui ensimmäinen havainto hiilikuiduista sellaisina kuin ne tänäpäivänä tunnetaan. Työskennellessään *GrafTech institutes*sa Roger Bacon löysi grafiitti viiksiä (*graphite whiskers*). Tuolloin tapahtui nimenomaan hiilikuidun käytön komposiiteissa mahdollistava läpimurto, kerrotaan *Chemistry for Lifen* Tekstissä. Toinen tärkeä kehitysvaihe oli Johnsonin mukaan 1960-luvulla, kun ensimmäinen kaupallisen käytön mahdollistava hiilikuitukomponentti kehitettiin. Näiden komponenttien avulla lentämisen mahdollistavat koneet kestivät ilmakehän läpäisemisestä syntyvän korkean lämpötilan. Näin hiilikuidun käyttö yleistyi Johnsonin mukaan ilmailu alalla ja mahdollisti avaruus lennot.

Hiilikuidun kysyntä alkoi laskea kylmän sodan loputtua, kertoo Johnson(2015). Vasta 2000-luvulla kysyntä alkoi taas kasvaa, kun hiilikuidun mahdollisuuksia teollisuudessa, energiatuotannossa ja urheilutarvikkeissa alettiin ymmärtää paremmin. Vuonna 2008 alkanut lama hidasti Johnsonin mukaan hiilikuidun tuotannon laajenemissuunnitelmia. Hänen mukaansa *Composite World's Carbon Fiber* konferenssi vuonna 2009 ennusti kuitenkin hiilikuidun kysynnän kasvavan jopa 17 prosenttia aina vuoteen 2018 asti. Hiilikuituvalmisteita valmistava *Zoltek Toray Group* yritys (2015) on julkaissut kotisivuillaan artikkelin *Future of Carbon Fibers*. Artikkelissa ennustetaan hiilikuidun kehityksen johytavan kaupallisempaan suuntaan, jos kyseiset kasvutavoitteet halutaan savuttaa. Valmistajien tulee kehittää uusia halvempia teknologioita, jotta materiaali voi päätyä tavallisen kuluttajan saataville.

### 3.2 Hiilikuidun valmistus

Hiilikuidun valmistus lähtee raaka-aineesta nimeltä *precussor*, joka koostuu 90% PAN kuiduista (*polyacrylonitrile*) ja 10% rayonista tai petroleum piestä kertoo hiilikuitu valmisteiden valmistaja *Zoltek toray group* (2015) kotisivuillaan artikkelissa *How Is Carbon Fiber Made?* Heidän mukaansa tarkka raaka-aine koostumus vaih-

telee kuitenkin valmistajan mukaan ja on yleensä liike salaisuus. Hämäläinen (2010,6) mainitsee piki- ja polymeeripohjaisten raaka-aineiden rinnalle vielä kolmannen, hiilipitoisen kaasun. Se on kuitenkin vielä tutkimusvaiheessa oleva vaihtoehto.

*Zoltek Toray Groupin* (2015.) artikkelissa kerrotaan myös, että kaikki hiilikuidun valmistukseen käytettävät raaka-aineet ovat orgaanisia polymeerejä. Niissä ominaista on pitkät molekyyliketjut, jotka liittyvät yhteen hiiliatomein. Hiili erotetaan *precussorista* sekä mekaanisin, että kemiallisin menetelmin, kerrotaan *Zoltek toray groupin julkaisemassa artikkelissa. Precussor* venytetään ensin mekaanisesti pitkiksi nauhoiksi ja sitten lämmitetään korkeaan lämpötilaan ilman, että materiaali pääsee kosketuksiin hapen kanssa. Ilman happea hiili ei pala vaan atomit alkavat tärähtää (*vibrate*), kunnes muut aineet irtoavat. Tämä prosessi jättää jälkeensä kuitun, joka koostuu tiukasti lomittain olevista hiiliatomiketjuista, jossa on vain muutamia siihen kuulumattomia atomeja. Prosessissa syntyneistä hiilikuiduista kudotaan mattoja, joista hiilikuitukomposiitteja lähdetään rakentamaan.

### 3.3 Hiilikuidun kierrätys

Kierrättämällä ei kuitenkaan saada enää tasalaatuista ja täysin käyttökelpoista materiaalia kertoo Hämäläinen (2010,25–26). *Flight International* (2015) yhdistyksen artikkelissa *Recipe for carbon recycling is hot stuff*, kerrotaan tutkimuksesta, jossa tutkittiin hiilikuidun kierrätysmenetelmiä, jotka mahdollistaisivat hiilikuidun uusiokäytön komposiittimateriaaleissa. Tutkimuksessa löytyi kaksi mahdollista menetelmää. Toisessa käytettiin typpihappoa (*nitric acid*) erottamaan koveteaine, jotta hiilikuitu saadaan kerättyä talteen. Hämäläinen (2010) käyttää tästä menetelmästä nimitystä kemiallinenliotus ja hänen mukaansa tämä menetelmä on tehokkain kierrätystapa, mutta se tuottaa liikaa voimakkaita, ympäristölle haitallisia päästöjä.

Toinen *Flight Internationalin* (2015) tekstissä esitetty menetelmä on *Pyrolyysi*. Heidän tutkimuksensa perusteella kyseinen menetelmä oli toistaiseksi toimivin kierrätysmenetelmä. Samaan johtopäätökseen tuli Hämäläinen (2010,25), joka

esitteli menetelmän myös kuivatislaus nimellä. Tarkemmin selitettynä prosessissa hajotetaan orgaanisia aineita kuumentamalla ne hapettomassa tai vähähappisessa ympäristössä. Tämä menetelmä on jo kaupallisessa käytössä. Menetelmä huonontaa Hämäläisen mukaan noin 10 % materiaalin laadusta, eikä sen tähden sovellu hyvälaatuisten komposiittien valmistukseen. Hämäläinen esittelee myös mekaanisen kierrätyksen ja leijupetireaktion vaihtoehtoisina kierrätysmenetelminä. Mekaanisessa kierrätyksessä materiaali murskataan ja hakataan pieniksi paloiksi ja jauhetaan. Menetelmä ei kuitenkaan erottele kemiallisten menetelmien tavoin hiilikuitua ja koveteainetta toisistaan. Tämä menetelmä vaatisi yrityksiltä lajittelua, mutta sitä ei haluta toteuttaa sen työn määrän ja kalliin hinnan vuoksi, kertoo Hämäläinen. Leijupetireaktiossa käytetään mekaanisen kierrätyksen tuotosta. Siinä esirikottukomposiittimateriaalin koveteaine poistetaan leijupetilaitteistolla korkeassa lämpötilassa.

Syy, miksi keskityn tässä vaiheessa kierrätykseen, on tosi asia että hiilikuidun käyttö kasvaa koko ajan. Esimerkiksi lentokoneissa hiilikuitukomposiittien käyttö on kasvanut (Laitala, 2011). Lentokoneessa A350 on Laitalan mukaan puolet painosta hiilikuitukomposiittia ja se tulee romutusikään jo kolmen vuoden päästä. Jo se kertoo hiilikuidun kasvavasta ympäristörasitteesta. Laitala kertoo hiilikuidun käytön nousseen muutamasta prosentista koneen rakenteessa peräti 25 prosenttiin. Käytetty hiilikuitumäärä on jo tällä hetkellä noin 27 000 tonnia vuodessa (Hämäläinen, 2010).

Materiaalin kulutus verrattuna kierrätysmahdollisuuksiin puhuu materiaalivalintaa vastaan. Kyseisessä projektissa materiaaliksi olen valinnut hiilikuidun sen rakenteisiin, muotoon ja tulevaisuuden huonekaluteollisuuteen liittyvien mahdollisuuksien ja tehtävänantajayrityksen innovatiivisen hiilikuidun käytön vuoksi. Katsottaessa materiaalin mahdollisia ympäristörasitteita jäteaineena, on aiheellista pohtia materiaalin valintaa tarkemmin. Suunniteltavalla kansituolilla ei ole vaatimuksia, jotka vaatisivat nimenomaan hiilikuidun käyttöä.

### 3.4 Materiaalin ominaisuudet ja mahdollisuudet

Hiilikuitu on materiaalina terästä kestävämpää ja lujempaa, mutta kuitenkin erittäin kevyttä (Laurila, 2015) Se mahdollistaa jyrkkiä kaaria ja jopa painovoimaa uhmaavia muotoja. Hiilikuitumaton kestävyys ja ominaisuuksiin vaikuttaa kuitujen syysuunnat ja miten matto on kudottu. Hiilikuitu on poikkisyyhyn heikoin ja syyn pitkittäissuunnassa vahvin. Pienemmissä tuotteissa, kuten esimerkiksi huonekaluissa, vaadittu kestävyys on kuitenkin sen verta pieni, ettei kyseisillä seikoilla ole juurikaan vaikutusta (Svenfelt, 2015). Svenfeltin mukaan ainoat ongelmakohdat hiilikuidusta tehtävissä tuotteissa on muotin käytössä, etenkin kun puhutaan huonekaluista. Suurin ongelma muotin käytössä on suunnitella muotti siten, että laminaatin saa pois muotista.

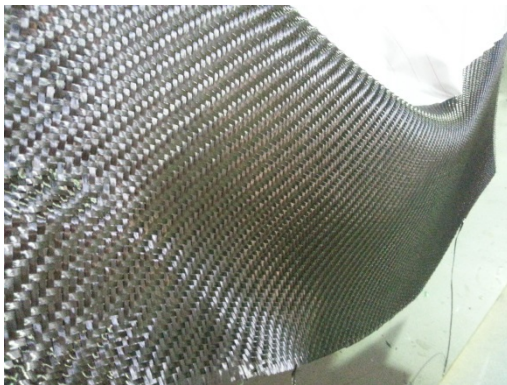
Kestävyys ja laminointiin vaikuttaa myös hiilikuitumaton valinta. Valintaan vaikuttavat myös maton hinta ja paksuus. (Svenfelt, 2015) Lähes kaikilla laminoitavilla tuotteilla on ennalta määriteltä paksuus. Laminoija käyttää ammattitaitoaan ja hiilikuitumattojen tuntemusta oikean paksuisten mattojen valitsemiseen, jotta saadaan tietynpaksuinen tuotos. Tämä koskee tosin vain pienosia. Esimerkiksi rungon ja rakenteiden laminoimiseen on lujuuslaskelmat valmistanut insinööriyritys tehnyt tarkat reseptit, mitä mattoa tulee mihinkin ja kuinka monta kerrosta (Sarkaranta, 2015).

Pääasiallisen paksuuden saamiseksi Baltic Yachtsilla käytetään kuvissa 8-10 esitettyä yhdensuuntaisesti kudottua mattoa (Svenfelt, 2015). Kuivalaminoinnissa kulmiin tai muihin tiukkoihin kohtiin laitetaan kuvissa 6-7 esitettyä mattoa, jossa kuidut on kudottu 0 ja 90 asteeseen tai kuvassa 9 esitettyä niin kutsuttua x-mattoa, jossa syyt on toisiinsa nähden 45 asteen kulmassa (Sarkaranta, 2015). Yhdensuuntaisesti kudotut matot ovat kuivina käsiteltäessä jäykempiä ja pienissä osissa niillä saa tarpeellisen kestävyys ja lopullinen paksuus on helpompi määrittellä, sillä ne imevät hartsia tasaisemmin (Svenfelt, 2015). Ristikkäin kudotuilla matoilla saa Svenfeltin mukaan kulmat tarkemmin.

Ristikkäin kudottuja mattoja käytetään myös osiin, joihin hiilikuitu jää näkyviin (Svenfelt, 2015). Näin pintaan saadaan kaunis ja esteettinen jälki, vaikka Svenfel-

tin mukaan niitä on vaikeampi saada asettumaan kauniisti. Se on helppo ymmärtää, sillä huomasin opiskellessani laminointia, että ristikkäin kudotut matot venyvät ja menettävät tasaisen muotonsa helposti.

Huomasin laminointiopetuksessa myös, että kuivalaminoinnissa käytetään mattoja, jotka sisältävät vain hiilikuitua tai hiilikuidun lisäksi lankaa, jolla matto kudotaan kasaan. Balticilla käytettävät yhdensuuntaiset matot on ommeltu kasaan. Ristikkäiset matot pysyvät kasassa ilman ylimääräistä ompelua. Niihin ei nähdäkseni ole lisätty mitään ylimääräistä. Niihin lisätään koveteaine laminoinnin aikana joko telalla tai imussa imemällä (Sarkaranta, 2015). Näitä mattoja käytetään nimenomaan pienempien osien laminointiin. Sarkarannan mukaan rungoissa ja muissa rakenteissa käytetään kuvissa 11–13 esitettyä *Prepreg* tai *Sprint* mattoja, joihin koveteaine on lisätty jo tehtaalla, kertoo Sarkaranta. *Prepreg* matoissa on myös kevyt tarrapinta, joka helpottaa maton asentamista isoja osia laminoitaessa.

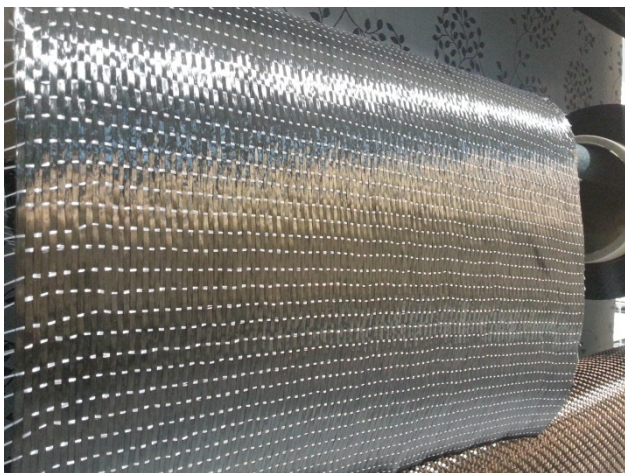


Kuva 5 RC 416- matosta esimerkki. Syyt on kudottu 0 ja 90 asteen kulmaan.



Kuva 6 RC 203T On muuten kuin RC 416, mutta syy tiheys on eri. Kudottu tiivimpää ja käytetään usein näkyviin jäävissä osissa.

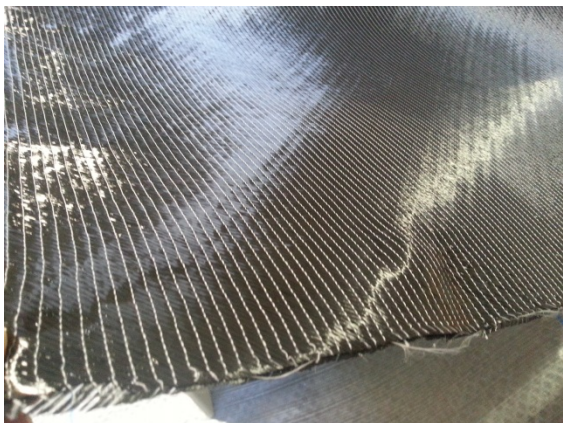




*Kuva 7 UTC 300- matto on pitkittäissuuntaan kudottua mattoa.*



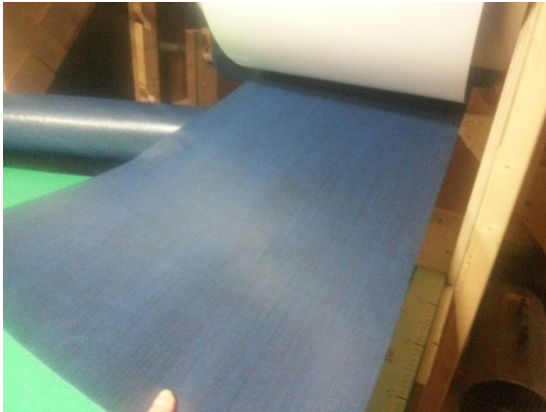
*Kuva 8 XC 411 on 45 asteen kulmaan kudottua mattoa. Tiheintä ja kestäväntä, mitä kuivalaminoinnissa käytetään.*



*Kuva 9 UC 300. Yhden suuntaista 45 asteen kulmaan kudottua mattoa.*



*Kuva 10 XC 400 Prepreg mattoa. Nimen merkintä tarkoittaa, että kuidut on kudottu x:n mallisesti 45 asteen kulmaan toisiinsa nähden ja matto on 400mm leveää.*



*Kuva 11 C 300 mattoa. Kuidut ovat pitkittäissuunnassa ja matto on 300 mm leveää. Tähän ei tarvitse erikseen ommella kuituja kasaan, koska esilisätty hartsi pitää kuidut kasassa.*



*Kuva 12 Näyte Sprint matosta. Periaatteessa samalla idealla kuin Prepreg matot, mutta eri tuotemerkkiä, siitä eri nimi. Ainoana erona Prepreg- mattoon on, että tässä ei ole liimapintaa ja sen tähden asennettaessa siihen täytyy lisätä sprayliimaa. Matto on sekä kestävä, että paksua.*

### 3.5 Komposiittien valmistus

Hiilikuitukomposiitteja voi valmistaa lukuisilla eritavoilla. Baltic Yachtsilla käytetään pääasiassa kahta eri tekniikkaa. Runkoja ja isompia rakenteita laminoidaan käyttämällä prepreg-mattoja ja lämmittämällä laminaatti uunissa. Toinen tapa on märkälaminointi vakuuilla. Tätä tekniikkaa käsittelen tässä osiossa tarkimmin, sillä se on tekniikka, jonka olen valinnut käytettäväksi kansituolin valmistukseen. Käyn prosessin läpi työn kautta, jonka tein Jonny Svenfeltin kanssa harjoitteluviikollani Bosundissa.



*Kuva 13 Muotin esivalmistelua. Muotin liian teräviin kulmiin asetetaan SvaPond-kittiä, koska käyttämämme hiilikuitumatto ei taivu alle viiden millimetrin pyöristyksiin.*

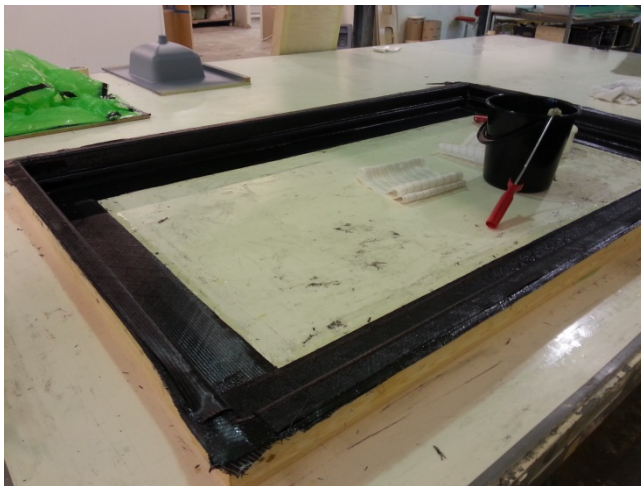
Työ alkaa siitä, kun muotti saapuu hallille. Muotin terävät kulmat valmistellaan kuvan 14 osoittamalla tavalla *SvaPond*- kitillä, koska käyttämämme jämäkkää hiilikuitumattoa nimeltään UTC 300. Tämä materiaali ei taivu alle R5 pyöristyksiin. Muottiin on kuitenkin jätetty terävät kulmat ja siksi ne tulee täyttää.

Esivalmisteluihin kuuluu myös mattojen leikkaaminen valmiiksi. Svenfeltin tapana on leikata tarvittava määrä mattoja ja asettaa ne kasoihin kuvan 15 tapaan sen kohdan läheisyyteen, johon niiden on tarkoitus tulla. Tässä laminoinnissa kerroksia tuli neljä. Kulmiin käytettiin RC416- mattoa, sillä UTC 300 ei taivu tarpeeksi ja jättäisi kulmiin ilmaa. Ämpäreihin on laitettu valmiiksi sekoitettu hartsi. Käytimme *Ampreg* hartsia joka on epoksi- pohjainen *amp-slow* kovettimella.





*Kuva 14 Ensimmäiset kaksi kerrosta hiilikuitua on laminoitu. Esileikatut hiilikuitu matot on aseteltu muotin ympärille niin, että yhden sivun matot ovat yhdessä kasassa, jotta pysyy tarkka luku valmiista kerroksista.*



*Kuva 15 Kaikki kerrokset on laminoitu ja Hartsin*

*on annettu hetken aikaa imeytyä mattoihin. Peelply- levyt ovat keskellä valmiina odottamassa vuoroaan*

Kun laminointi on tehty, on vuorossa muiden tarvittavien kerrosten laittaminen. Seuraavaksi vuorossa on *Peelply*- levyn laitto. *Peelply* on valkoista kiiltävää harsomaista kangasta ja siinä kulkee pituus suunnassa punaisia viivoja. Kuvassa 16 ämpärin vieressä näkyy *Peelply* kasoja. *Peelplyn* tarkoituksena on estää muita materiaaleja jäämästä laminaattiin kiinni kuivumisprosessin aikana. Kuvassa 17 näkyy laminoitu hiilikuitu *Peelplyn* kanssa. Hartsin saa levyn muuttumaan lähes läpinäkyväksi.

*Peelplyn* jälkeen tulee *Release film*. Kuten kuvasta 18 näkee, se on punaista ohutta, satiipaperimaista rei'itettyä paperia. *Release film* päästää imun aikana yli-

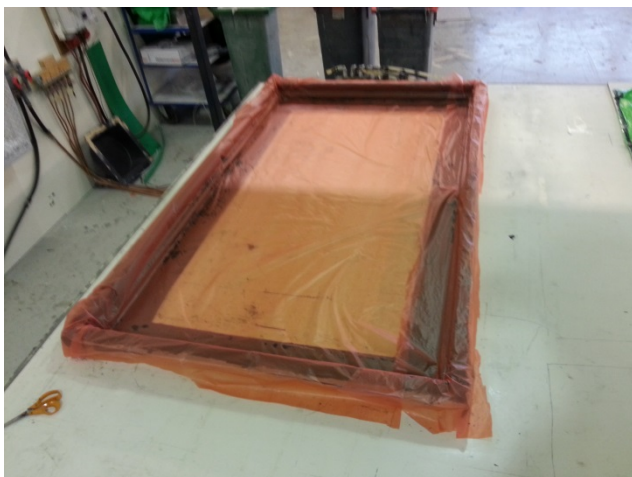
määräisen hartsin kulkeutumaan pois. Tässä laminoinnissa käytetty release film on tarkoitettu *Prepreg* laminointiin, sillä siinä reikien väli on 4-5mm. Tuotteen mukana tulleiden ohjeiden mukaan märkälaminoinnissa tulisi käyttää filmiä, jossa reiät on n. 1cm päässä toisistaan, mutta Svenfeltin (2015) mielestä se imee hartsia liikaa pois. Laminaatin parissa työskentelyä helpottaa, kun ei tarvitse käyttää niin paljon hartsia.

Seuraavaksi tulee *Preader- kangas* kuvan 19 esittämällä tavalla ilman pois saamisen helpottamiseksi. Se on tietynlaista vanua, joka imun aikana kuljettaa ilmaa tasaisesti pois imupussin alta. Ilman *Preader- kangasta* ei imu riitä saamaan riittävän paljon ilmaa pois tasalaatuisen lopputuloksen saamiseksi.

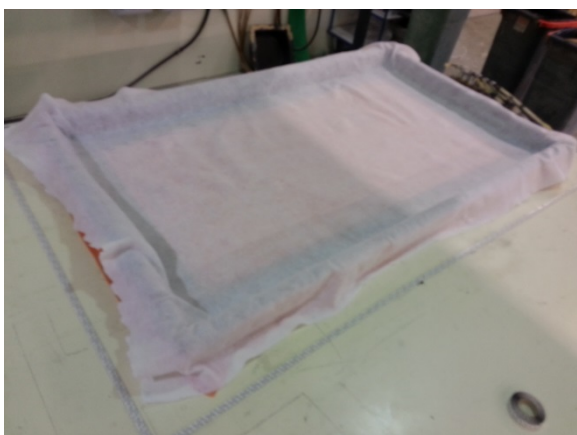
Vielä viimeisenä ennen imun päälle laittamista tulee kuvan 20 osoittamalla tavalla imumuovi. Se tiivistetään esivalmistetulla kitillä, joka on nauhamaisessa muodossa. Muoviin on tärkeää tehdä vekskejä, joita ammattilaiset kutsuvat lissuiksi, jotta muovi asettuu jokaiseen kulmaan tarpeeksi tiiviisti ja saadaan tasainen paine. Muovin ollessa paikallaan, laitetaan imu päälle. Imu vetää muovin tiiviisti muotin ympärille, kuten kuvassa 21 nähdään, saaden hiilikuitumatot kovettumaan tarkasti muotin mukaiseksi. Laminaatin on hyvä antaa asettua vähintään tunnin verran ennen laminaatin siirtämistä uuniin kovettumisprosessin vauhdittamiseksi. Liian aikainen muotin lämmittäminen saattaa johtaa siihen, ettei kaikki ilma ehdi tulla mattojen välistä pois. Laminaatti on valmis muutaman tunnin kuluttua riippuen sen paksuudesta. Kuvassa 22 on esittelemäni laminointiprosessin tuotos.



*Kuva 16 Laminaatti Peelplyn asettamisen jälkeen. Tämä kerros varmistaa muiden laminaatin päälle tulevien materiaalien irtoamisen.*



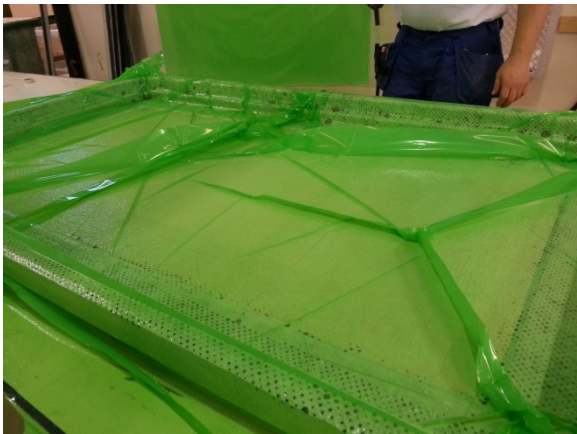
*Kuva 17 Release film asetettuna paikalleen. Reititetty silkkipaperi mainen kerros mahdollistaa liiallisen hartsin poistumisen.*



*Kuva 18 Preader kangas tulee vielä ennen muovia. Sen ansiosta imun ollessa päällä, kaikki ilma lähtee tasaisesti ja laminointi jälki pysyy laadukkaana.*



*Kuva 19 Kun muovi ja muovin tasaisen asettumisen muotin päälle mahdollistavat veikit on paikallaan, laminaatti on valmis imua varten. Kuvassa myös Jonny Svenfelt.*



*Kuva 20 Laminaatti sen jälkeen, kun imu on laitettu päälle.. Hartsia imeytyy Preader kankaan läpi. Noin tunnin päästä laminaatin laitetaan uuniin kovettumaan.*



*Kuva 21 Seuraavana päivänä saamme ihastella laminaattia kovettuneena ja valmiina vietäväksi pintakäsittelyosastolle. Kulmissa näkyvät harmaat alueet ovat SvaPondia.*

### 3.6 Muut materiaalit

Projektin pääasiallinen käsiteltävä materiaali on hiilikuitu, mutta myös muita materiaaleja tarvitaan. Tällaisessa yrityksessä, jossa uusia materiaaleja tutkitaan ja kokeillaan, kaikki mahdollisuudet kannattaa käyttää hyödyksi. Muihin materiaaleihin en syvenny perustietoa enempää. Pohdin vaihtoehtoista materiaalia hiilikuidulle ja käyn pintamateriaaliksi suunnittelemani laminoitua pellavaa hieman läpi ja istuimen kangasta avaan myös jonkin verran.

#### 3.6.1 Lasikuitu vaihtoehtona.

Tutustuessani laminointiin Baltic Yachtsin verstailla, työstin pääasiassa lasikuitua. Lasikuidun laminoiminen tapahtuu pääosin vastaavin menetelmin kuin hiilikuidun laminoiminen. Opastajani Jonny Svenfelt (2015) kertoi lasikuidun ominaisuuksien olevan hyvin hiilikuidun kaltaiset pientä räsitusta vaativissa osissa. Laminoituna ja oikeanlaisen hartsin kanssa lasikuitu vastaisi hiilikuidun mahdollisuuksia ja ominaisuuksia huonekaluissa. Vuosikymmenien kokemuksella Svenfelt toteaa lasikuidun olevan mahdollinen vaihtoehtoinen materiaali projektissani.

Hiilikuidun aikaisemmin raportissa todettujen kierrätysaasteista johtuvien ympäristörasitteiden vuoksi on aiheellista harkita materiaalille vaihtoehtoa. Rakenteellisiin ominaisuuksiin materiaalin vaihdos ei vaikuta, kuten edellä totesimme. Hiilikuitu tosin tuo etenkin rikkaiden käyttäjien silmissä lisäarvoa tuotteelle ja se antaisi käytännön tutkimustietoa hiilikuidun mahdollisuuksista huonekaluteollisuudessa.

Kuitenkin jos suunnittelemani kansituoli tulee tuotantoon, tapahtuu tuottaminen Baltic Yachtsin alaisuudessa. Yritys käyttää pääasiallisena rakennusaineena veneissään hiilikuitua, eli heidän hiilikuidun kulutuksensa on jo korkea. On mahdollista, ettei kansituolissa käytettävä materiaali lisäisi merkittävästi hiilikuidun määrää tai ympäristöhaittaa yrityksessä. Tämä vaihtoehtoinen materiaali on kuitenkin hyvä pitää mielessä.

### 3.6.2 Laminoitu pellava

Laminoitu pellava on materiaali, joka on löydetty jo viime vuosikymmenellä, mutta sen käyttö mahdollisuuksia ei koskaan tutkittu loppuun (Björkström, 2015). Nyt B130- jalkaisen veneen myötä laminoinnin työnjohtaja Ole Björkström on alkanut tutkimaan uudelleen laminoitun pellavan mahdollisuuksia pintamateriaalina. Tähän mennessä sitä on kokeiltu lattian pinnassa sellaisenaan ja seinässä maalattuna. Vielä ei ole kokeiltu miten pellava toimii monimutkaisemmalla pinnalla. Björkströmin mukaan on todennäköistä, että pellava taipuu hyvinkin tiukkoihin muotoihin. Jos projektiani jatketaan opinnäytetyösuuden päätyttyä, otamme siitä selvää.

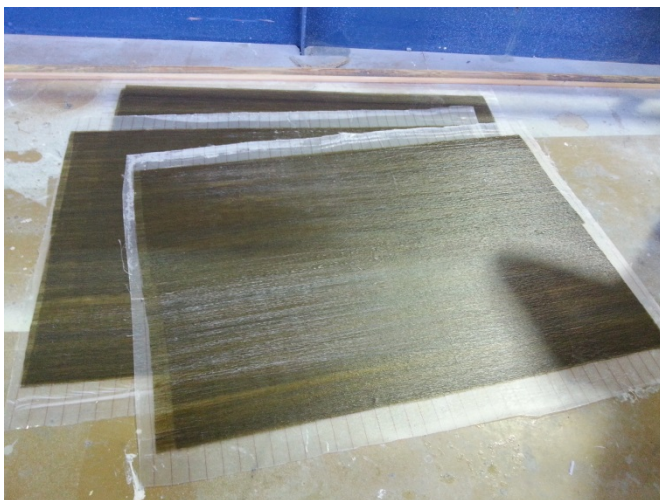
Pellava pitää laminoida *Injisering*- tekniikalla. Se vastaa muuten esittelemääni märkälaminointi tekniikkaa vakuuilla ainoana erona on, että hartsia ei laiteta telalla suoraan mattoihin vaan se levitetään imun avulla aivan viimeisenä. Tekniikka ei siis ole märkälaminointi tekniikka. Materiaalit asetetaan paikalleen kuivina ja muut levyt laitetaan kuvan 23 osoittamalla tavalla kuivien levyjen päälle. Sitten laitetaan muovi ja tiivistetään se samoin kuin aikaisemmin kuvasin. Toiseen päätyyn laitetaan ilmaa imevä letku ja toiseen letku, joka imee hartsia astiasta. Kun imu laitetaan päälle, alkaa hartsi leviämään laminaattiin. Näin pystytään kyllästämään laminoitava materiaali suuremmalla määrällä hartsia ilman, että tulee ongelmia materiaalien asettelu vaiheessa. Lopputuloksen näkee kuvista 24 ja 25.

Björkströmin (2015) mukaan *Injisering* on ainoa mahdollinen tekniikka, jos materiaalia aiotaan maalata. Muulla tekniikalla pellava jää liian huokoiseksi. Märkälaminointitekniikkaa soveltuu myös tälle materiaalille, jos lopputulos aiotaan esimerkiksi vain lakata tai käyttää sellaisenaan. *Injisering* tekniikalla on vaikeampaa tehdä monimutkaisia muotoja. Märkälaminoinnin soveltuvuuden takia Björkström on kuitenkin varma, että pellava toimii kansituolissani pintamateriaalina.





*Kuva 22 Kuivat Pellavamatot ovat valmisteltuna laminointia varten.*



*Kuva 23 Laminoitua pellavaa, kun Peelply on vielä kiinni.*



*Kuva 24 Pellavan tekstuuri lähemmin.*

### **3.6.3 Istuimen kangas.**

Istuimen kankaaksi valitsin kuomukankaan. Kävin Baltic Yachtsin yhteistyökumppani yrityksen *Fixafellin* työntekijöiden kanssa eri kangas vaihtoehtoja läpi ja heidän ammattitaitoonsa luottaen valitsin kuomukankaan. Se on kangas, jota käytetään purjeveneiden kannella sateisen sään tai rajun aallokon aikana suojaamassa ruorin käyttäjää roiskeilta. Kangas on luonnonvaalea väriltään. Se on kestävä, se kestää käsittelemättä rajunkin merenkäynnin se on vettä hylkivä, mutta kuitenkin tarpeeksi notkea mahdollistaakseen tuolin kasaan menemisen. Muilta ominaisuuksiltaan se vastaa verhoilukangasta, eli sitä voi myös ommella, se kestää lävistämisen rispaantumatta, eikä sen reunoja tarvitse kestävyiden takia viimeistellä.

*Kuva 25 Esimerkki splash coverista. Kangas, jota käytän istuimena, on samaa kuin mitä näissä käytetään (Behan, 2014).*





## 4 Hiilikuitu huonekaluteollisuudessa

Hiilikuituun perehtyessäni luvussa kolme kerroin hiilikuidun olevan käytössä lähinnä suurta kestävyyttä vaativissa teollisuuksissa, kuten lentokoneiden ja purjeveneiden valmistuksessa. Totesin myös materiaalin tuotannon kasvaneen ja käytön yleistyneen. Siitä herää kysymys, mitä mahdollisuuksia materiaalilla voi olla huonekaluteollisuudessa. Materiaalina hiilikuitu on monikäyttöinen ja sen mahdollisuudet näyttäisivät olevan rajattomat. Sen tähden pohdin kokoamani tietämyksen perusteella, voiko hiilikuidun mahdollisesti jalkauttaa suomalaiseen huonekaluteollisuuteen ja tuoko materiaali sille lisäarvoa? Ensiksi kerron, miksi mielestäni on aiheellista tutkia huonekaluteollisuudelle uutta suuntaa ja sen jälkeen perehdyn pohtimaan hiilikuitua huonekaluteollisuuden uudistamisen näkökulmasta.

### 4.1 Huonekaluteollisuuden tila

Huonekaluteollisuuden tuotannon huippu bruttoarvon perusteella oli vuonna 2007 (Loukasmäki, 2013. 17). Loukasmäen mukaan bruttoarvo mittaa toimipaikan todellista tuotantoa. Vuoteen 2012 mennessä bruttoarvo oli laskenut huipun 1,4 miljardista eurosta 1,1 miljardiin, mikä on Loukasmäen mukaan merkittävä pudotus. Investoinneissa tapahtui huomattavin pudotus vuosien 2008 ja 2010 välillä, kun ne laskivat 14 miljoonalla eurolla (Loukasmäki, 2011. 40–41). Huonekalujen tuonti oli Loukkaan mukaan taas kasvanut jyrkästi vuonna 2011. Haapalaisen ja Lindmanin (2011) tekemän havainnon mukaan myös huonekalujen jälleenmyynnin kannattavuus on laskenut. Heidän mukaansa se on jopa kannattomampaa kuin huonekalujen valmistus.

Edellä mainitun perusteella voi rehellisesti todeta, huonekaluteollisuuden kilpailukyky on laskussa. Tuonnin kasvaminen vie jatkuvasti markkinoita suomalaisilta yrityksiltä. Pudotukset ovat olleet merkittäviä ja toistaiseksi nousua ei ole luvassa. Sen tähden uskon huonekaluteollisuuden tarvitsevan muutosta. Mielestäni yksi varteenotettava mahdollisuus on uusien materiaalien mahdollisuuksien tutkiminen. Hiilikuituun olen materiaalina jo perehtynyt, seuraavaksi pohdin, miten se soveltuu huonekaluteollisuuteen.

## 4.2 Pohdintaa hiilikuidun mahdollistamista ratkaisusta

Huonekaluteollisuuden tilan lasku on alkanut jo vuoden 2008 laman jälkeen (Loukasmäki, 2009). Loukasmäen vuoden 2013 toimialaraportin perusteella tila vain heikkenee. Olen lukenut useita projekti raportteja ja selvityksiä, joissa laskua on pyritty pysäyttämään ja kääntämään nousuun monien. Yhtenä esimerkkinä on Haapalaisen ja Lindmanin (2011) selvitys kokeellisen tuotekehityksen soveltuvuudesta huonekalualalle. Selvityksessä todettiin huonekaluteollisuuden toimijoiden keskittyvän liian vähän tutkimus ja kehitystoimintaan. Heidän mukaansa yrityksiltä tarvitaan joko voimakasta erikoistumista omalle alueelleen tai rohkeaa uudistumista innovatiivisempaan suuntaan.

Hiilikuidun kanssa yritykset tarvitsisivat edellä mainittua rohkeaa uusiutumista. Sen huonekaluteollisuuteen jalkauttamisen ongelmana on sen vaatima uudenlainen osaaminen käsityöläisiltä ja suunnittelijoilta, vaikka yrityksen ei tarvitsisi tehdä suuria investointeja (Svenfelt, 2015). Aikaisemmin puusepäksi opiskelleena ihmisenä opin hiilikuidun laminoinnin nopeasti, mutta kyetäkseni valmistamaan vaikeampia kappaleita, tarvitsisin siihen paljon enemmän tietämystä ja koulutusta. Lisäksi suunnittelun puolesta hiilikuitu vaatii 3d- mallinnus osaamista perinteisiä materiaaleja enemmän. Kokemukseni mukaan 3d- mallinnus taidot ovat tällä hetkellä muotoilu maailmassa tärkeää osaamista, mutta ei pakollista. Työskennellessäni Baltic Yachtsilla, olen oppinut, että hiilikuidusta valmistettavien tuotteiden suunnittelussa 3d- mallinnus taidot ovat melkein pakollisia. Sillä laminointiin vaadittavat muotit tuotetaan teollisuudessa CNC- jyrsimällä ja jotta muotti voidaan jyrsiä, tarvitaan siihen 3d- mallinnettu jyrsinmalli. Jotta olemassaoleviin yrityksiin voitaisiin laminoitavat tuotteet jalkauttaa, vaaditaan niiltä radikaalia muutosta ja lähes koko tuotantoprosessin uudistamista.

Tosi asia on, kuten Haapalainen ja Lindman (2011,39) totesivat, mikäli Suomen huonekaluteollisuus on kykenemätön uudistumaan ja kehittymään tarpeeksi, laskusuunta tulee vain jatkumaan. Heidän tekemien johtopäätösten mukaansa huonekaluteollisuuden selviäminen voidaan toteuttaa myös tuotemuotoilun myymisen kautta, jolloin valmistajat jäisivät alihankkijan rooliin. Kun otetaan huomioon aikaisemmin raportissani ilmenneet hiilikuidun ominaisuudet,( kts. s.21) voisi hiilikuidun käyttö huonekalumuotoilussa tuoda tälle selviämistrategialle lisäarvoa. Sillä suu-

rin yksittäinen mahdollisuus, joka hiilikuidulla on antaa huonekalumuotoilulle, on materiaalin kestävyys ja työstömenetelmien mahdollistamat innovatiiviset muodot ja ominaisuudet. On olemassa muitakin materiaaleja, jotka mahdollistavat esimerkiksi plastisia muotoja, kuten muovi, mutta hiilikuidun kestävyys mahdollistaa jopa niiden muotojen viemisen äärirajoille.

Loukasmäen (2009,2011,2013) raporteista ilmennyt huonekaluteollisuuden tuotannon laskusta näkee, ettei se ole enää kilpailukykyinen edes Suomen markkinoilla, siksi uskon suuntana olevan viennin korostaminen. Edellä todettujen seikkojen valossa voimme päätellä, että hiilikuitu ei sovellu Suomalaiseen huonekaluteollisuuteen niiden nykyisessä kokoonpanossa, etenkin pienyrityksiin. Tutkimani aineiston perusteella uskon, että hiilikuitukomposiiteilla on kuitenkin paljon annettavaa, jos huonekaluteollisuutta lähdetään uudistamaan Haapalaisen ja Lindmanin (2011,39) esittämän designin markkinoinnin näkökulmasta. Hiilikuitu mahdollistaa ominaisuuksiensa puolesta Suomalaiselle muotoilulle uuden suunnan kehittyä ja kasvaa globaalisti kilpailukykyisemmäksi. Raportin edetessä tulen selvittämään yksinkertaista suunnitteluprosessia, jonka kautta kokeilen hiilikuidun mahdollisuuksia kehittää kokoontaitettavan perinteisen kansituolin muotoilua. Muotoiluprosessi toimii kokeiluna ja esimerkkinä, miten hiilikuitu voi auttaa uudistamaan huonekalumuotoilua ja sitä kautta mahdollisesti koko huonekaluteollisuutta.

## 5 Suunnittelu

Tässä osiossa käyn läpi kaiken syventävänprojektin konseptista lopullisen konseptin syntymiseen. Prosessi tulee kulkemaan aikajärjestyksessä. Prosessissa kehitetty pääasiassa tuotteen muotokieli ja kasaamisen mahdollistava mekaniikka. Siinä ilmenee myös, miten perinteisen kansituolin muotokieltä voi kehittää hiilikuidun mahdollisuuksien kautta. Aluksi avaan hieman millaisia kansituolit nykypäivänä ovat ja niiden alkuperäiseen muotoiluun vaikuttanutta tyylikautta Empireä. Taustojani käsitellessäni käytän paljon vuosien aikana keräämääni tietoutta ja Baltic Yacht-silla työskentelyn aikana oppimiani asioita.

### 5.1 Suunnittelulle taustaa

Empiretyyli on syntynyt n.1775 pröystäilevän barokin ja siitä hieman hillitymmän rokokoon jälkeen. (Seitsemäs Huone oy, 2015) Empire aikakausi toi keisarillisia muotoja ja piirteitä ylimystön koteihin. Sille tyypillistä on kullan ja sinisenväriin yhdistäminen, sillä ne liitettiin keisarilliseen arvovaltaan. Sen ajan huonekaluissa näkyy myös esimerkiksi tuolien käsinojissa kaarevia muotoja, jotka tuovat keisarillisen tunnun porvariston kotiin. Seitsemäs huone oy:n nettisivuilta löytyvän tyylikausia avaavan tekstin mukaan Napoleonin kukistuminen ja äkillinen keisarillisen tyrannian loppu oli se, mikä synnytti Empiren ja sai tyylin leviämään porvariston koteihin. Tämän tyyli-suunnan piirteitä on nähtävissä hyvin monen veneen sisustuksessa (Strömsnäs, 2015). Nykyään purjeveneidenkin sisustustyylillä kulkee modernimpaan suuntaan, mutta edelleen on niitä, jotka arvostavat empiren keisarillista arvokkuutta.

*Kuva 26 Esimerkki empire tyylistä tuolista (Arcstyle, 2015).*

*Kuva 27 Toinen esimerkki Empirestä (Polyvore, 2015).*

Taitettavan kansituolin mekaniikka ei ole juurikaan vuosien saatossa muuttunut kertoo vuosikymmeniä purjeveneiden parissa työskennellyt purjeveneiden vanhempi sisustussuunnittelija Matts Strömsnäs (2015). Samaa pohjaa käytetään edelleen, jopa kaikista kalleimmissa tuoleissa. Suunnitteluosaston johtaja Pekka Laurila (2015) epäilee tämän johtuvan siitä, ettei kansituoleille ole riittävää markkinaa tarjolla, jotta niitä kannattaisi alkaa kalliilla hinnalla muotoilemaan. Selkeä esimerkki taitettavan kansituolin perusrakenteesta esitetään kuvassa 29. Tämä tuoli on hyvä esimerkki siitä, minkälaisia kansituolit pääasiassa edelleen ovat.

*Kuva 28 Esimerkki perinteisestä kansituoli mallista (C. Quip, 2015).*

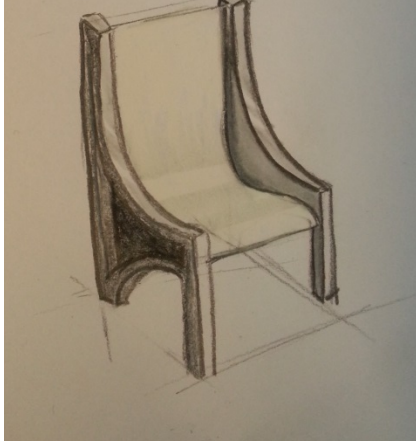
Kiinteisiin kansielementteihin laitetaan sen sijaan paljo aikaa ja rahaa, mutta kaasaan koottavat ovat edelleen samalla perinteisellä mekanismilla. Yleisimmin kansituolien arvoa nostetaan materiaaleissa, ei muotoilussa. Hyvänä esimerkkinä toimii kuvassa 30 oleva alligaattorin nahasta tehty yli 2000 euron arvoinen kansituoli. Se on perusrakenteeltaan ja runkomateriaaliltaan edelleen hyvin yksinkertainen ja siinä on sama Empiren innoittama tyyli.

*Kuva 29 Esimerkki kansituolista, jonka arvoa on pyritty nostamaan materiaaleilla muotoilun sijaan (Houzz, 2015).*

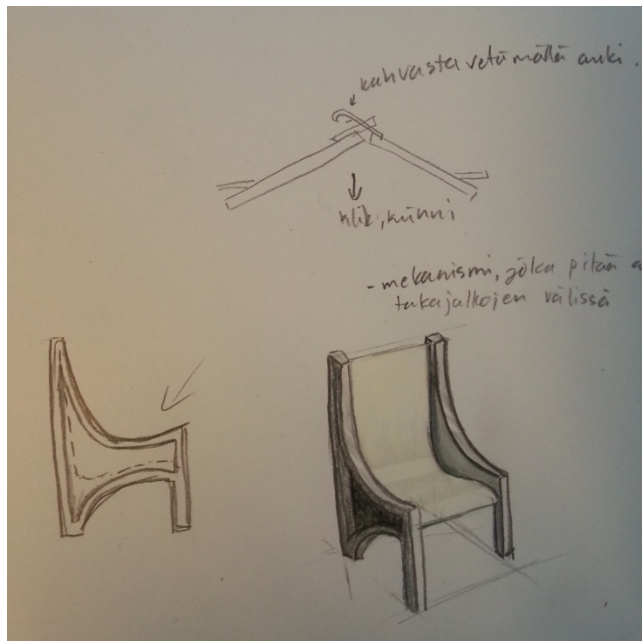
Lähtiessäni suunnittelemaan kansituolia, jo syventävän projektin aikana, halusin kehittää jotain aivan muuta. Halusin rikkoa kansituolisuunnittelun rajoja ja siten kulkea Baltic Yachtsin innovatiivisuuden jalanjäljissä. Keksittyäni jo aikaisemmin esittämäni kolmen osan idean, alkoi muodon loppuun hiominen ja uuden mekanismin kehittäminen. Mekanismin kehittäminen on kulkenut mukana lähinnä ajatustasolla koko matkan ja esittelen sitä tulevien konseptien yhteydessä sitä mukaan, kun aikajärjestykseen sopii.

## 5.2 Ensimmäinen konsepti

Tämä on konsepti, joka on jatkokehitystä syventävässä projektissa syntyneestä konseptista. Ensin esittelen kaksi pääkonseptia, jotka syntyivät tässä luonnostelu vaiheessa.



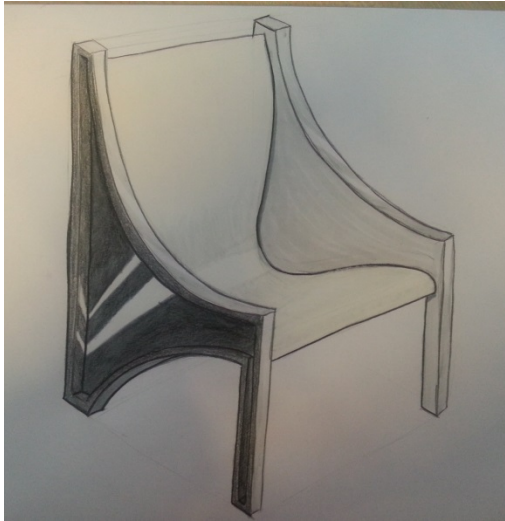
Kuva 30 Luonnos konseptin ensimmäisestä versiosta nimeltä Godess.



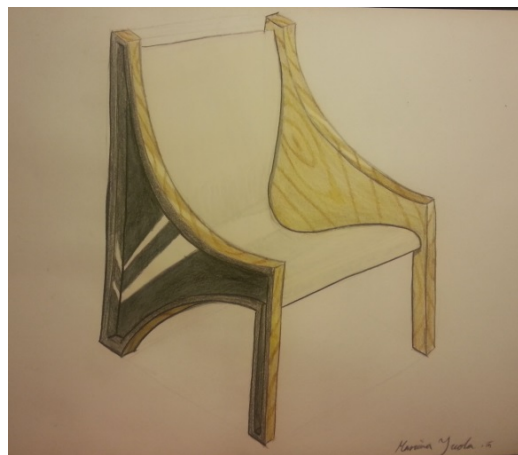
Kuva 31 Tarkemmin hahmoteltu miten kangasistuin asettuisi muotoon ja taittomekanismin hahmotelma.

Tässä konseptissa hain Empire tyylisillä elementeillä muotoon arvokkuutta ja rakenteisiin yksinkertaisuutta. Siitä johtuu nimi *Godess*. Edelleen johtavana ajatuksena on syventävässä projektissa kehitetty ajatus kolmesta osasta rakentuvasta

tuolista. Päärakenne ja tärkein ulkonäöllinen tekijä ovat sivuprofiilit, jotka tehdään laminoimalla hiilikuidusta. Kolmas osa on kankaasta valmistettu istuin, joka on reunoista kiinni sivuprofiileissa. Tuolin takana on mekanismi, joka mahdollistaa kansituolin kokoontaitettavuuden. Tämä mekanismi tulee tarkemmin myöhemmissä konsepteissa.



Kuva 32 Esityskuva Godess konseptista.

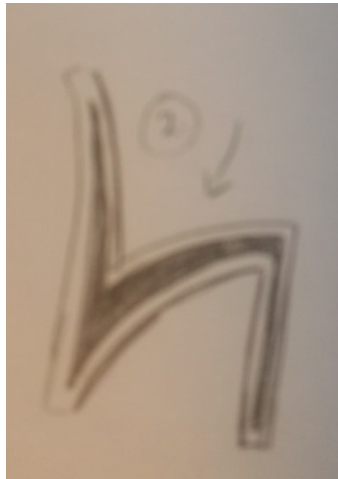


Kuva 33 Esityskuva Godess konseptista materiaalien kanssa.

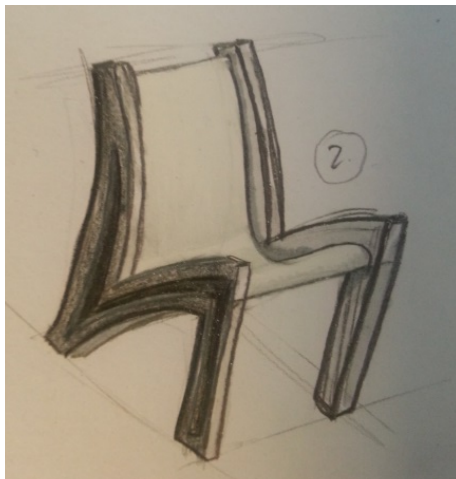
Kuvissa 33 ja 34 on esityskuvat *Godess*- konseptista sekä mustavalkoisena että materiaalien kanssa. Sivuprofiilien istujaan päin olevat osat ovat puuta tai puunkaltaista materiaalia ja ulospäin olevat osat jäisi hiilikuidun värisiksi. Muoto edustaisi *Balticin* tyyliä hillityn eleganttina (*restrained elegance*) muotokielenä puolesta, mutta toisi myös muotoiluun hieman särmää eikä jäisi liian tylsäksi. Särmällä tar-

koitan tekijää, joka tuo tuotteeseen mielenkiintoa ja terävyyttä, joko kulmien tai muuten muodon kautta. Särmä tuotteessa voi olla värin tuoma elementti tai muotojen välille syntyvä katsetta vangitseva ristiriita.

Tästä konseptista kehittelin myös toisen version. Perus periaatteet ja materiaalit ovat käytännössä samat, mutta sivuprofiilin muoto on hieman modernimpi ja särmikkäämpi. Sen tähden se sai nimekseen *Rebell*. Tämä muoto mahdollistaa myös keveyden tunnun visuaaliseen ulkomuotoon.



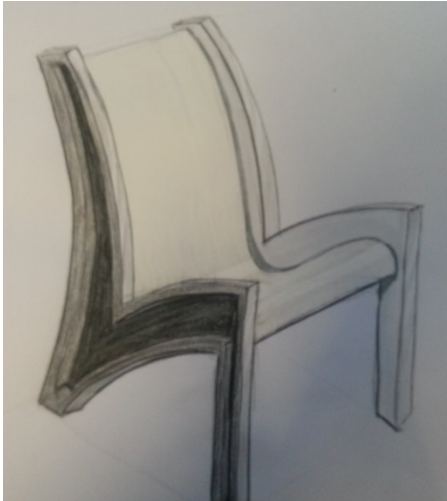
*Kuva 34 Luonnos konseptin toisesta versiosta nimeltä Rebell.*



*Kuva 35 Luonnos konseptin toisesta versiosta nimeltä Rebell.*

Tässä versiossa hain uskaliaampaa muotoa ja halusin tuoda jotain vielä mielenkiintoisempaa ja mielipiteitä herättävämpään kansituoliin. Pysin pääsemään eroon perinteisestä empirestä, jota käytetään todella paljon meriaiheisessa muotoilussa. Hiilikuidun käyttö mahdollistaa niin paljon erilaisia muotoja, että materiaalin rajoilla uskaltaa hieman jopa leikitellä.



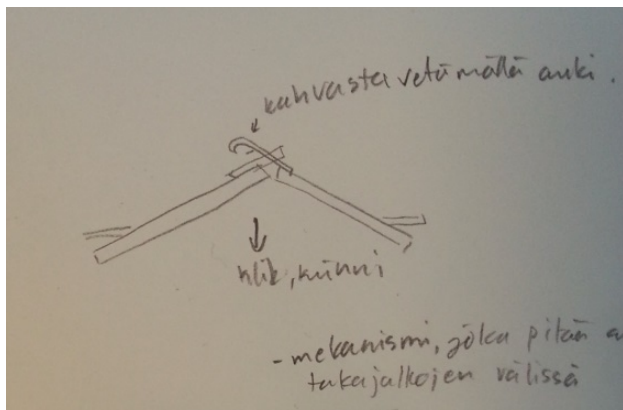


*Kuva 36 Esityskuva Rebell konseptista.*



*Kuva 37 Esityskuva Rebell konseptista materiaalien kanssa.*

Mekanismi, joka mahdollistaa tuolin kokoontaitettavuuden oli vielä hyvin alkuvaiheessa, pelkästään pieninä hahmotelmina ja alkupään luonnoksina, kuten kuvasta 39 näkee. *Godess* konseptia kehitellessäni, myös tämä osa-alue pyöri päässäni. Idean keksin autonperään laitettavasta polkupyörätelineestä. Käytettävä materiaali olisi puuta, mutta peruseriaate sama. Mekanismiin ei ole hyvä olla metallia, sillä metallin ja hiilikuidun välisessä kosketuksessa syntyy kemiallinen reaktio, joka aiheuttaa molempien materiaalien nopean kulumisen (Kaslin, 2015). Vielä en saanut kunnolla kiinni, miten saisin kyseisen idean käytännössä valmistettua. Siksi sen kehittäely jäi toistaiseksi vielä pelkkään pohdintaan.



Kuva 38 Sulkumekanismin ensimmäisiä luonnoksia.

### 5.2.1 Palaute

Ohjaajani työpaikalla ja muotoilukollegani Patrik Högnabba toimi koko projektin ajan peilinä, josta pystyin peilaamaan ideoitani ja vaihtamaan ajatuksia kokeneemman alan ihmisen kanssa. Aluksi hän oli kiinnostunut konseptin ensimmäisestä *Godess* versiosta. Se miellytti enemmän hänen silmäänsä, mutta vaikutti myös helpommalta ja yksinkertaisemmalta suorine linjoinen. Vasta hetken juteltuamme alkoi Högnabba nähdä *Rebell* idean mahdollisuuksia. Siinä ovat kaareva selkänojan muoto ja muotoilullisesti haastavat mittasuhteet mietityttivät häntä, mutta alkoi lopulta kiehtoa.

Konseptin versio *Godess* oli aluksi omastakin mielestäni se ”parempi” ja varmempi, mutta tajusimme pian, että se on jo valmis konsepti. Kumpikaan ei osannut nähdä mihin suuntaan sitä kannattaisi viedä. Pikemminkin näimme sen, ettei sitä kannattanut viedä mihinkään suuntaan. Muodoltaan lupaavampi ja enemmän mahdollisuuksia sisältävä *Rebell* idea päättyi lopulta Högnabban valinnaksi konseptista, josta kannattaisi jatkaa. Tosin hän kehotti minua luonnostelevaan paljon ja keskittymään toistaiseksi vain sivuprofiiliin, jotta siitä tulisi loppuunmietitty ja se edustaisi hyvää muotoilua. Muut osat tulisivat kyllä itsestään projektin edetessä.

Esimieheni ja suunnitteluosaston johtaja Pekka Laurila on tämän projektin tehtävänantaja eli asiakas. Häneltä on vaikeampi saada palautetta, mutta keskusteltuaani hänen kanssaan näistä konsepteista sain irti muutaman tärkeän mielipiteen. Ensinnäkin hän ei pidä siitä, että hiilikuitu jää näkyviin. Hänen mielestään konseptissa on liikaa, jos siinä on kolmea eri materiaalia.

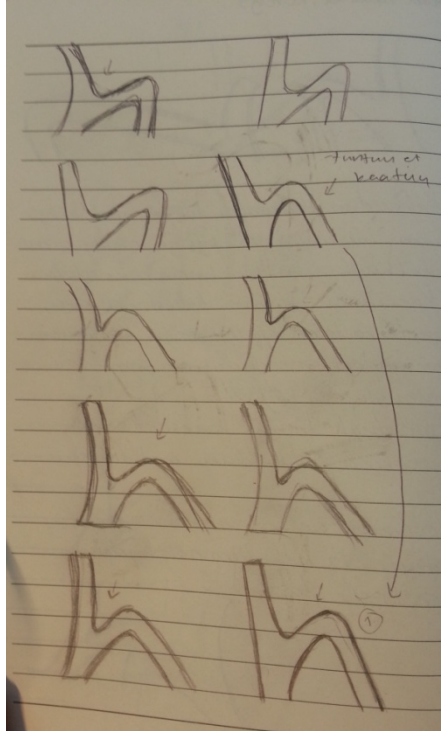
Toinen tärkeä pointti oli konseptin *Godess* version muoto. Se oli hänen mielestään aivan liian raskas. Hänkin päätyi siis *Rebell* versioon jatkokehitystä ajatellen. Laurila oli kuitenkin hieman huolissaan muodon kulmikkuudesta. Se oli kuulemma hyvä, että siinä on särmää, mutta istuimen pehmeä muoto ja sivuprofiilin jyrkät kulmat olivat hänen mielestään ristiriidassa keskenään. Tästä pointista tuli johtava ajatus jatkokehityksen kannalta. Tämänkin keskustelun myötä päädyin yhä enemmän *Rebell* vaihtoehdon puoleen.

### **5.2.2 Jatkokehittelyyn valittu konsepti**

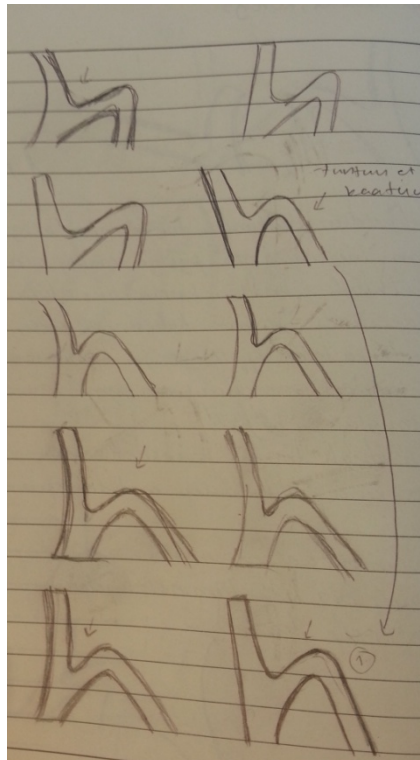
Näistä vaihtoehdoista päädyimme tiimini kanssa siis konseptin toiseen versioon eli *Rebelliin*. Muutoksia palautteen perusteella tuli muun muassa se, että materiaaleja tulisi muuttaa. Käyttäisin korkeintaan kahta väriä tai materiaalia per tuote. Myös muotoa tulisi kehittää pehmeämmäksi menettämättä särmää ja hioa yksityiskohdat kunnolla. Laurilan kanssa käydystä keskustelusta yhdeksi eteenpäin vieväksi ajatuksiksi jäi myös keveys. Tuolin ei tule vain olla kevyt vaan myös vaikuttaa keveältä. Tästä oli hyvä jatkaa eteenpäin.

### **5.3 Konsepti 2**

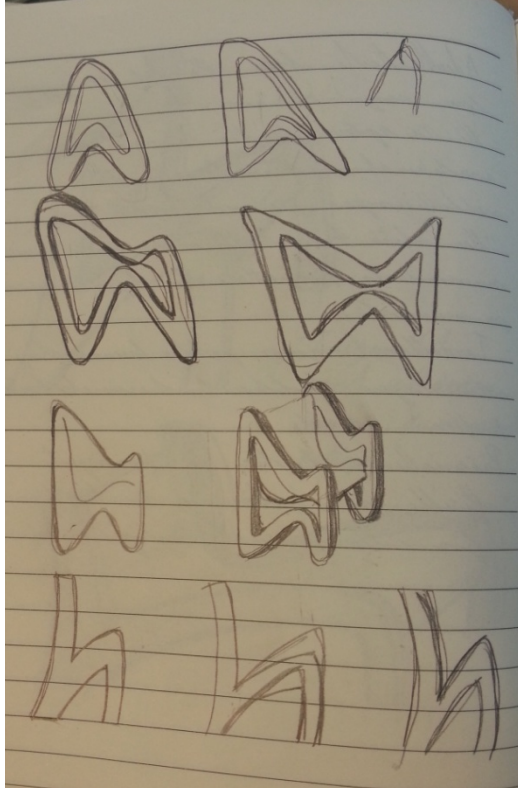
Aluksi lähdin luonnostelemaan Patrik Högnabban neuvojen mukaan keskittyen sivuprofiiliin. Nämä luonnokset löytyvät kuvista 40–44. Lähdin siis viemään *Rebell* vaihtoehtoa eteenpäin. Lähdin ohessa myös miettimään mahdollisuutta tuoteperheelle. Siksi osassa luonnoksia on versio myös auringonotto tuolista.



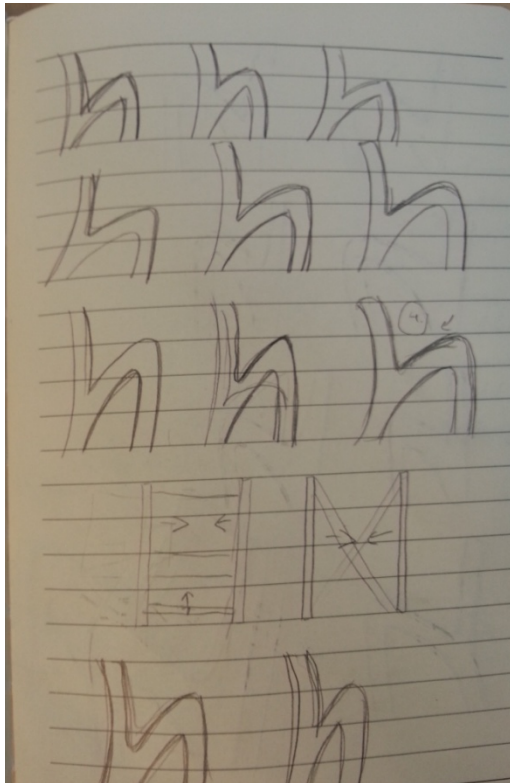
Kuva 39 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.



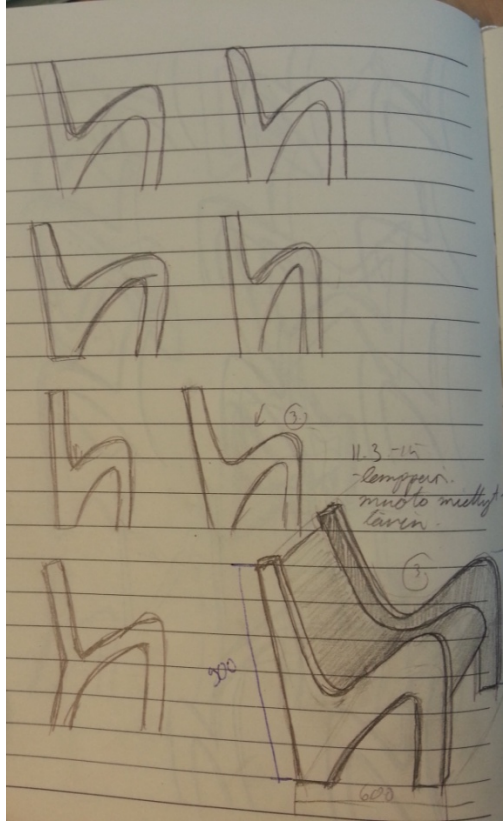
Kuva 40 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.



Kuva 41 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.

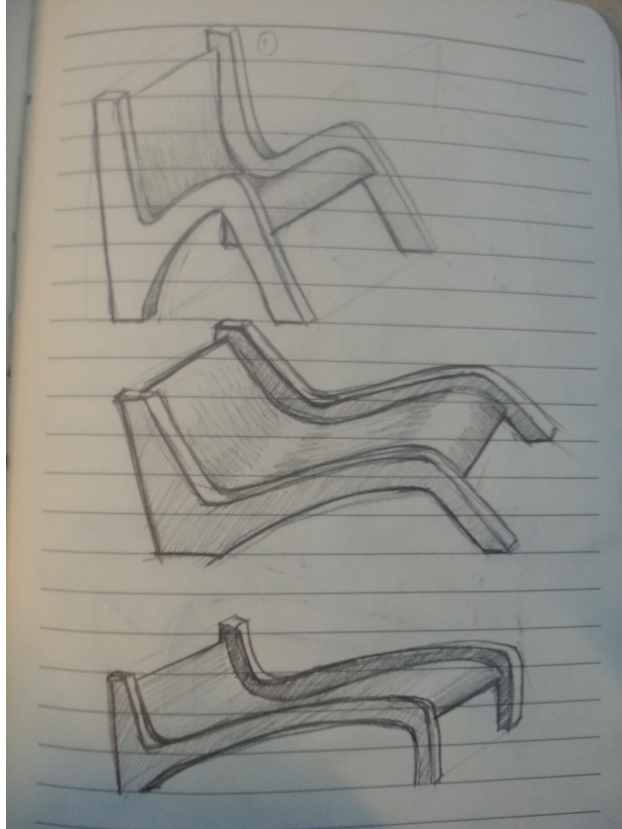


Kuva 42 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.



Kuva 43 Luonnoksia Rebell konseptin jatkokehittelystä.

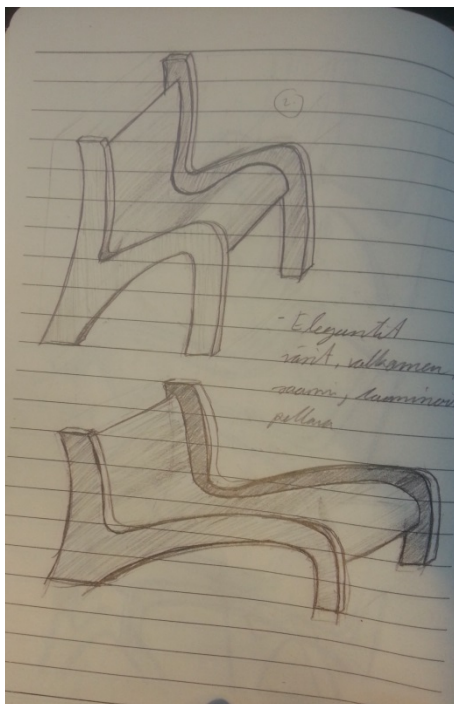
Jonkin aikaa luonnosteltuani karsiutui päävaihtoehdoiksi muutama miellyttävän näköinen profiili. Kokeilin muotojen toimivuutta tekemällä valeperspektiivi piirustuksia. Niistä seuraavaksi tarkemmin.



*Kuva 44 Konsepti vaihtoehtoista ensimmäinen, Stretchy ja kaksi vaihtoehtoista tapaa tehdä siihen sopiva auringonotto tuoli.*

Kuvassa 45 oleva vaihtoehto nimeltä *Stretchy* tuo mielestäni tuoliin edelleen särmää, mutta pehmeämmällä tavalla. Pehmentämällä istuimen etuosan kulmia ja muotoja, mutta muokkaamalla selkänojan muotoa suoraksi, ylläpidetään tuolin elegantti tyyli ilman liiallista pehmeyttä. Tässä vaiheessa värit jaottuvat niin, että edelleen istujaan nähden olevat pinnat ovat puuta tai sen kaltaista materiaalia, mutta ennen hiilikuitua olleet osat ovat nyt saman valkoisia kuin istuin.





Kuva 45 Konsepti vaihtoehto kaksi, Leaning.



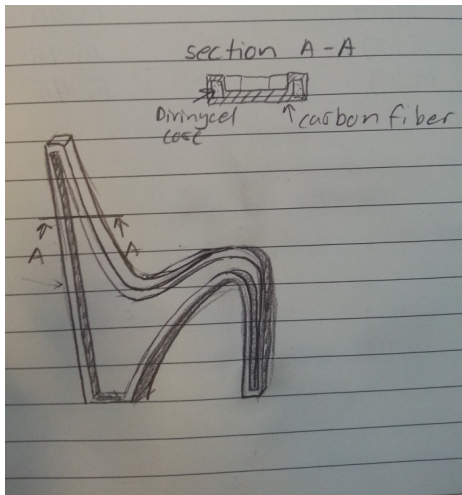
Kuva 46 Vähän kehitelty versio vaihtoehto Leaningistä.

Kuvissa 46 ja 47 oleva toinen versio sai nimekseen Leaning. Se on hieman pehmeämpi versio edellisestä. Mielestäni ehkä jopa liian pehmeä. Muotokieli on lämmin ja soljuva, mutta tylsä.



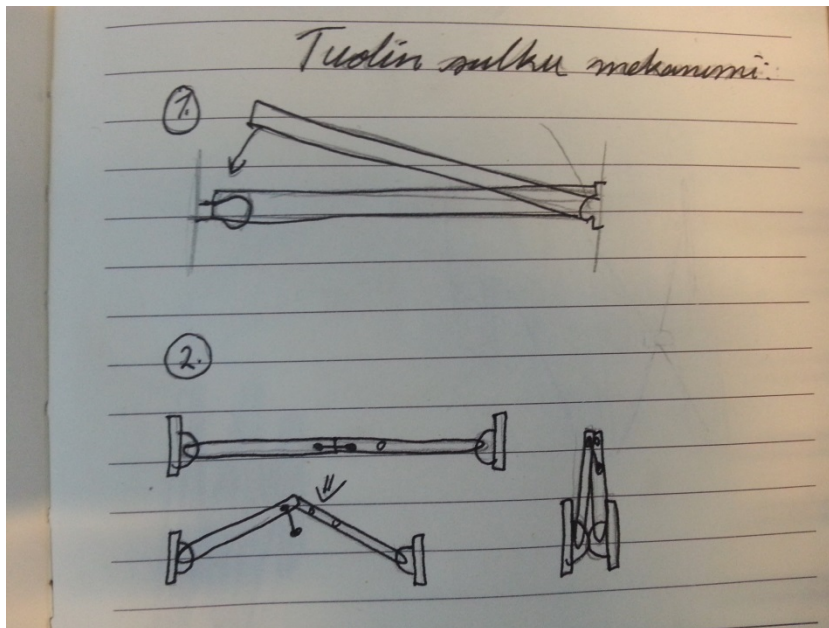


Kuva 47 Konsepti vaihtoehto kolme, Sweetey.



Kuva 48 Ajatus, miten muodon saa pysymään kevyen oloisena.

Konseptin vaihtoehto kolmonen löytyy kuvista 48 ja 49. Tämä on hieman kehiteltympi versio ensimmäisestä vaihtoehdosta. Itse pidän tästä muodosta eniten. Tämä vaihtoehto on elegantti, mutta mielenkiintoinen. Siinä pehmeät muodot yhdistyvät suoraan linjaan riitelemättä liikaa keskenään. Omasta mielestäni muotokieli toimii ilman kuvan 48 osoittamaa kevennysmahdollisuutta, mutta halusin ottaa huomioon tehtävänantajan toiveen ja siksi kehitelin tämän vaihtoehdon.



Kuva 49 Luonnoksia sulkumekanismin toiminnasta.

Myös sulkumekanismi lähti kehittymään tässäkin vaiheessa. Kuvassa 50 näkyvissä luonnoksissa on yksinkertaisia vaihtoehtoja sulkumekanismille. Tahdoin pysyä yksinkertaisessa vaihtoehdossa ja mietinkin mahdollisimman vähän osia vaativia rataksuja. Tässä vaiheessa tarkoituksena on, että mekanismi sijaitsisi selkäpuolella sivuprofiilin takajalkojen kohdalla. Mekanismissa olisi yksi rima, kuten kuvassa näkyy, joka lukituessaan pitäisi tuolin auki, mutta olisi myös helppo avata ja kasa-ta tuoli.

Hyvin pian tajusin tämänkaltaisen mekanismin olevan riittämätön. Sen olisi tarkoitus pingottaa kangas profiilien väliin ja saada muutenkin tuoli pysymään tasapainossa. Yksi rima selkäpuolella ei riitä siihen. Selvää on, että eteenkin on tultava jotain tukea, sekä takana olevaa mekanismia pitää jotenkin vahvistaa. Niinpä mekanismin kehittäminen jatkuu edelleen.

### 5.3.1 Palaute

Siinä vaiheessa, kun saan jotain valmiiksi, johon olen tyytyväinen, käännyin Patrik Högnabban puoleen palautteen toivossa. Tässäkin tapauksessa konsepti kehittyi kolmeksi eri päävaihtoehdoksi, koska sain hyvin pian palautetta ja kehitys ehdotuksia. *Strechy*-konseptin kohdalla Högnabba epäili, että mittasuhteet eivät toimi todellisuudessa. Luonnoksessa se näyttää hyvältä, mutta ongelmaksi voi tulla, että tuoli tuntuu kuin se kaatuisi. Niinpä hän kehotti miettimään selkänojalle kaarevampaa vaihtoehtoa. Itse tykkäsin nimenomaan selkänojan ja etujalkojen ja käsinojan muotojen ristiriidasta. Kuitenkin luottaen kokeneemman sanaan, jatkoin luonnostelua ja siitä kehittyi *Leaning*-konsepti.

Högnabban mielestä tässä olisi potentiaalia ja tätä kannattaisi viedä eteenpäin. Hän ehdotti myös vaihtoehtoa, jossa selkänojan kaari menisi toiseen suuntaan. Näistä kommentteista ja ehdotuksista huolimatta hylkäsin *Leaning*-konseptin. En pystynyt itse näkemään, miten sen saisi toimimaan. Se saattaa olla hieno ja potentiaalinen, mutta se ei vastaa sitä, mitä haluan tältä konseptilta. Niinpä palasin takaisin *Strechy*-konseptiin ja päätin saada sen toimimaan.

Jonkin aikaa luonnosteltuani *Strechy* jalostui *Sweeteyksi*. Muuttamalla kaarien suhteita ja selkänojan kulmaa, onnistuin mielestäni saamaan muodon, jossa on kaikki elementit, joita halusin ilman, että tuoli tuntuu kaatuvan. Högnabba oli vieläkin hieman epäilevän oloinen. Hän ei tyrmännyt tätä muotoa, mutta ehdotti kuitenkin negatiivisen kaaren lisäämistä selkänojaan. Olin kuitenkin tyytyväinen profiiliin, sillä olin löytänyt muodon, jota etsin. Siksi en lähtenyt enää sitä muokkaamaan.

Myös Pekka Laurila vaikutti olevan tyytyväinen tähän muotoon. Huomasin, että hänellä oli vaikeuksia nähdä lopullista tuotosta pelkkien selitysten ja sketsien perusteella. Ehkä hän kuitenkin luottaa osaamiseeni, koska hän antoi minun jatkaa tähän suuntaan ilman että hän oli täydellisen vakuuttunut. Muoto kuitenkin näytti miellyttävän. Ainoana epäilyksenä Laurila pohti, miten tyyli sopii Baltic Yachtsin

*Brändiin.* Kun vakuuttelin, että kyllä se sopii, kunhan saan materiaalit kohdalleen ja mekanismin toimimaan. Hän tyytyi luottamaan sanaani ja näytti tyytyvänsä siihen.

### **5.3.2 Jatkokehitykseen valittu konsepti**

Tästä joukosta jatkokehitykseen pääsi siis *Sweetey*-konsepti. Hieman jännitti jatkaa tietä, johon en ollut saanut luotetun kollegani täyttä myöntymystä. Mutta uskoin itse tähän konseptiin ja minulla on varmuus siitä, mihin olen tämän konseptin kanssa menossa. Nyt on tärkeää keskittyä saamaan tuolista ergonominen ja todellisilta mittasuhteiltaan toimiva.

## 5.4 Konsepti 3

Kun konsepti oli valittu, oli aika lähteä kokeilemaan ideoita pienoismallissa. Luonnosten teko vaiheessa ergonomiaa ei ole niin helppo ottaa huomioon. Huonekalupuusepän tausta auttaa siinä toki paljon, mutta tärkeää on myös päästä kokeilemaan, miten suunnitelmat toimivat käytännössä. Pelkäsin, että kansituolin muoto-kieli alkoi käydä tylsäksi ja siksi kokeilin vaihtoehtoista ideaa kansituolin sivuprofiilille. Siitä syntyi konsepti nimeltä *Looping*.

Kokeiluissa ei tarvinnut edetä kovin pitkälle huomatakseen, että tämän konseptin ergonomia ei toimi, kuten kuvasta 51 voimme todeta. Vaikka istuimen ei tarvitse seurata sivuprofiilin muotoa täydellisesti, tässä kohden istuinta oli mahdotonta asettaa niin, ettei istuja putoa liian syvälle. Esteettisesti muoto miellytti ainakin omaa silmääni, mutta hylkäsin konseptin kuitenkin hyvin pian. Ergonomian ja esteettisyyden yhteisymmärrys tuotteessa on kuitenkin tärkeää. Kauniilla tuolilla ei tee mitään, jos se ei ole hyvä istua.

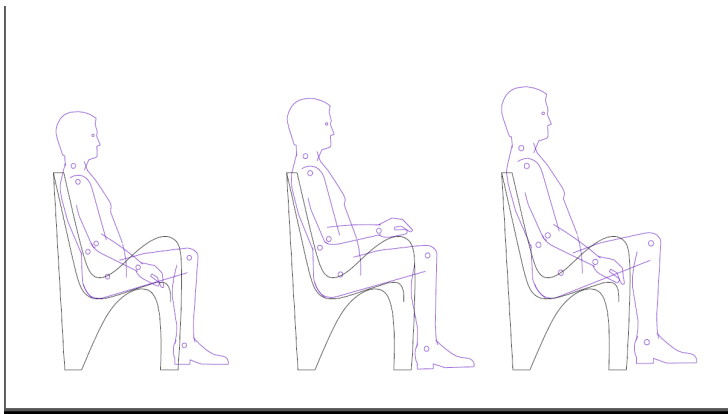
Edelleen pääkonseptina pysyy siis *Sweetey*. Tein myös siitä pienoismallin, joka löytyy kuvasta 52, ja huomasin heti istuinkankaan asettuvan ainakin silmämääräisesti mukavasti istuttavaksi. Mitoituksia miettiessäni olen koko ajan pitänyt pohjalla oppimaani perustietoa tuolien mitoituksista. Perustuolin mitoitukset eivät täsmää kansituoliin täydellisesti, mutta niistä sai hyvän osviitan.



Kuva 50 1:10 pienoismalli *Looping* konseptista.



Kuva 51 1:10 pienoismalli valitusta konsepti vaihtoehdosta.



Kuva 52 Ergonomian tutkimista.

Ergonomiaa lähdin tutkimaan Patrik Högnabban kehittämän menetelmän mukaan. Menetelmä tapahtuu Högnabban tekemän *Ergogubba*-piirroksen kautta. Piirros on dwg. muodossa eli luettavissa tietokoneavusteisilla suunnitteluohjelmilla, johon on piirretty standardimittojen perusteella tehtyjä ihmishahmoja. Hahmoja ovat pieni, keskikokoinen ja iso mies sekä nainen. Hahmoihin on määritelty nivelten taitoskohdat vastaamaan ihmisvartalon todellista käyttäytymistä. Ohjelmissa olevalla *Rotate*-toiminnolla raajoja voi niveliin merkattujen pisteiden kautta asettaa ja sovitella tuotteeseen kuvan 52 osoittamalla tavalla. Näillä hahmoilla voi teknisiä piirustuksia tehdessä teoriassa tutkia huonekalun mittasuhteiden toimimien ergonomisesti.

Tähän asti olin suunnitellut tuolia ja mittasuhteita oman kokemukseni perusteella ja olin hyvin tyytyväinen huomattessani, että tuolin mittasuhteet toimivat suhteellisen hyvin jokaiselle standardisoidulle koolle. Tärkeintä on, että keskikokoisen ihmisen kanssa mitat toimivat parhaiten, mutta positiivista on huomata sen sopivan yllättävän hyvin jokaiselle. Kun ergonomia ja lopullinen muoto olivat selvillä, jäljelle jäi enää pienten hienosäätöjen pohtiminen ulkoasussa. 3D- mallinsin erilaisia vaihtoehtoja, miten Sweetey -konsepti saadaan toimimaan parhaiten. Niistä kokeiluista syntyi neljä erilaista konsepti vaihtoehtoa, jotka on esitetty kuvissa 53- 59.



*Kuva 53 Konsepti 1. Creamy.*



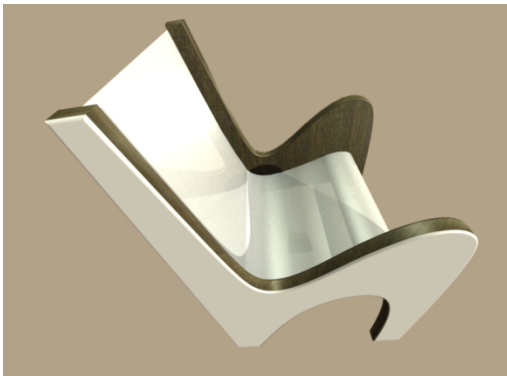
*Kuva 54 Konsepti 2. Choko.*



*Kuva 55 konsepti 2. Choko.*



*Kuva 56 Konsepti 3. Bueno.*



*Kuva 57 Konsepti 3. Bueno.*

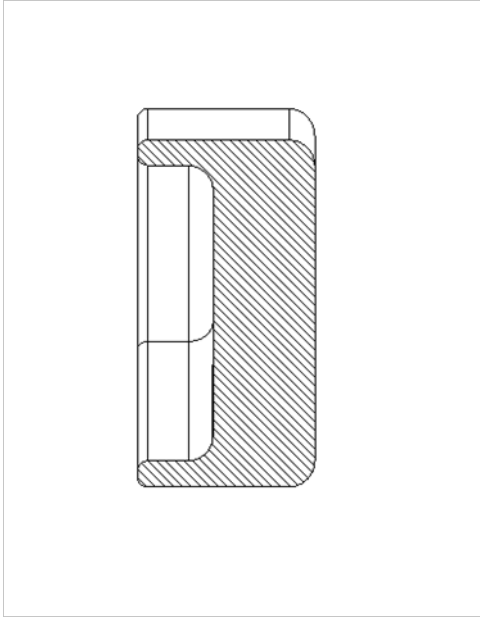




*Kuva 58 Konsepti 4. Delicious.*



*Kuva 59 Konsepti Delicious.*

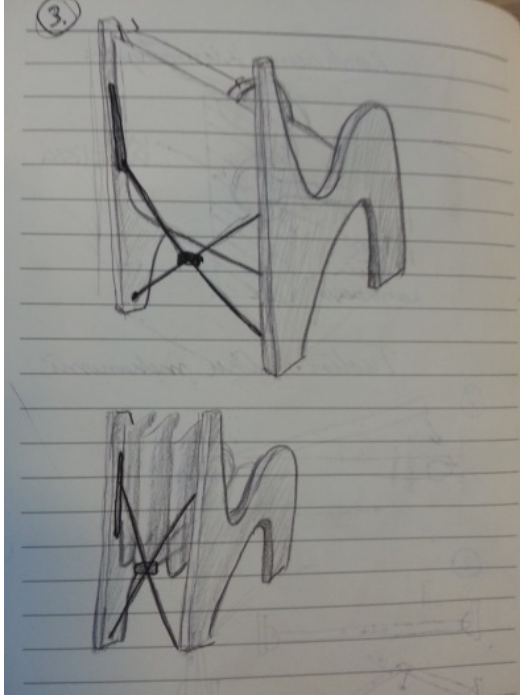


*Kuva 60 Konsepteissa Creamy ja Delicious oleva kevennys leikkauskuvana esitetty.*

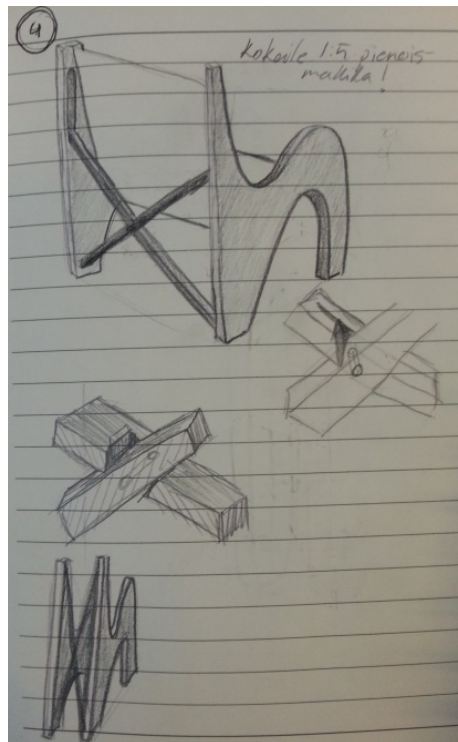
Konsepteissa *Creamy* ja *Delicious* profiilissa on käytetty kuvassa 60 esitettyä kevennystä. Se rakentuu samoin, kun konseptissa *Sweetey* esitettiin aiemmin.

Myös sulkumekanismi alkoi tässä vaiheessa hahmottua jo tarkemmin. Aloin kallistua yhä enemmän ristikkäiseen vaihtoehtoon, joka toimisi pystysuunnassa. Vaihtoehtoina on käyttää joko pyöristettyä rimaa tai neliskanttista. Kuvassa 62 esitetyn pyöristetynriman kohdalla mietin ratkaisua, jossa lukitus toimisi rimojen risteyskohdassa sijaitsevalla lieriöllä, joka lukittuisi kääntämällä sitä oikealle ja aukeaisi pyöritettäessä vasemmalle.

Lieriö ratkaisu olisi ollut muodoiltaan yksinkertainen, mutta mekaniikka vaatisi Patrik Högnabban mukaan turhan monimutkaista tekniikkaa. Yksi Balticin perus periaatteista on, että yksinkertainen on paras. Siksi päädyin käyttämään 20x25 tammi rimoja. Mekanismi on kuvan 63 mukainen x-mallinen ja se toimii myös selkäpuolella pystysuuntaisesti. Taipuvia niveliä siinä ei ole, kasaan meneminen tapahtuu liukumekanismin ja rimojen välisen liitoksen kautta. Tarkemmat piirustukset käyn läpi seuraavassa osiossa.



Kuva 61 Sulkumekanismi vaihtoehto.



Kuva 62 Sulkumekanismi, johon päädyin.

### 5.4.1 Palaute

Tässä vaiheessa alkoi Patrik Högnabbakin nähdä konseptin potentiaalin. Ensimmäistä kertaa kuulin hänen sanovan, että se on hyvä. Aikaisemmin palaute oli, että kyllä tästä hyvä tulee. Mutta nyt se on hyvä. Edelleen hän on sitä mieltä, että selkänojaan tulisi lisätä kaarevuutta. Kuitenkin olen sitä mieltä, että nyt tässä on oikeanlaista pehmeyttä muodossa menettämättä särmää. Siinä toteutuu myös projektin aikana syntynyt käsite *Restrained Elegance* ja Baltic Yachtsin brändi.

Pekka Laurila oli myös tyytyväinen näihin konsepteihin. Vaikka kaksi tiimini vaikutusvaltaisinta jäsentä oli hieman erimieltä väristyksestä ja muodon hienosäädöistä, molemmat olivat kuitenkin tyytyväisiä peruskonseptiin. Högnabban mielestä *Sweeteystä* jalostunut *Bueno* toimisi parhaiten Balticin imagon jatkeena. Kun taas Laurila olisi sitä mieltä, että *Delicious* olisi paras, koska se jatkaa Balticin perinnettä. Matts Strömsnäs (2015) sanoikin hyvin, että *Delicious* edustaa sitä, mitä Baltic Yachts on ollut. Nyt hänen mielestään *Creamy* vastaa parhaiten sitä, mihin Baltic on tullut.

### 5.4.2 Ratkaisut

Tein pienimuotoisen kyselyn, jossa esitin tulostettuja kuvia kaikista neljästä konseptista. Esittelin kuvat 54-60 jokaiselle vastaan tulevalle ihmiselle työpaikallani ja kysyin, mikä heidän mielestään sopii parhaiten Baltic Yachtsin tyyliin ja mikä miellyttää heidän silmäänsä eniten. Tehtävänantaja Pekka Laurila valitsi konseptin *Delicious*, kun taas suurin osa muista vastaajista valitsi konseptin *Bueno*. Eli kevennetty profiili oli selvästi Laurilan mieleen, kun taas valkoinen ulkopinta vetosi työpaikan muuhun väkeen. Sen tähden lopulliseksi konseptiksi valikoitui *Creamy*. Siinä on enemmistön valitsema värimaailma ja tehtävänantajan mieleinen profiili. Laurila oli tyytyväinen päätökseeni.

## 6 Lopullinen konsepti



*Kuva 63 lopulliseksi konseptiksi valittu Creamy.*

Lopulliseksi konseptiksi karsiutui siis kuvan 64 *Creamy*. *Creamy* on keveän elegantti ja muodoltaan poikkeava nykyhetken kansituoli markkinoilla. Värimaailma ja materiaalien käyttö kuvastaa Baltic Yachtsia yrityksenä muuttamatta liikaa jo olemassa olevia mielikuvia. Tuoli on juuri sitä, mitä projektilta hain.

Materiaali on kevyt ja rakenteet jätetty yksinkertaisiksi, jotta sitä on helppo käyttää. Keveytensä vuoksi tuoli ei tuo lisäpainoa veneeseen liikaa ja kasaan taitettavuutensa vuoksi se on helppo säilöä. Hiilikuitu on myös tukeva materiaali. Vaikka tällä hetkellä tukea on vain takana, insinööri kollegojeni mukaan, tuoli on tarpeeksi tukeva. On todennäköistä, että profiileissa tullaan lopulta käyttämään polyuretaanipohjaista *Divinycell*- materiaalia, jota laitetaan laminoitujen hiilikuitukerrosten väliin tuomaan lisää tukevuutta.

Toistaiseksi projektin suhteen ollen päässyt tavoitteeseen, mutta tuotekehitys jatkuu edelleen. Tällä hetkellä on olemassa toteuttamiskelpoinen konsepti ja toimivat ideat, seuraava vaihe on lähteä kokeilemaan niitä. Ennen kesäkuun loppua tulen todennäköisesti tekemään tuolista prototyypin ja kokeilemaan laminoitua pellavaa kaarevissa ja monimutkaisemmissa muodoissa. Myös sulkumekanismi tulee vii-

meisteltyä, kun pääsee käytännössä kokeilemaan toteutusta. 3D-malli tasolla mekaniikka toimii jo hyvin. Vielä täytyy käytännössä päästä näkemään toiminta.

## 6.1 Lopulliset rakenteet

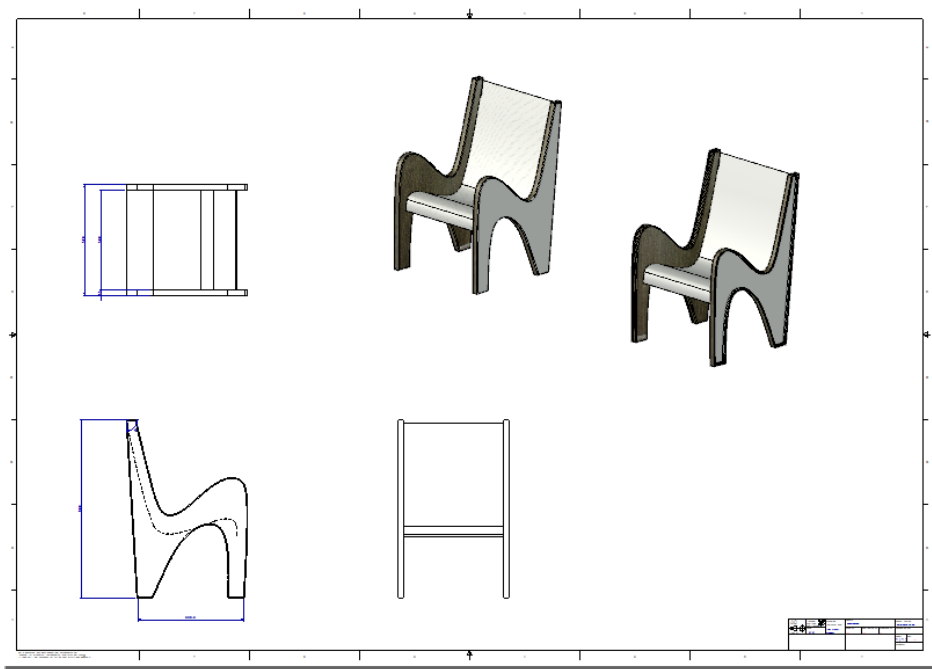
Tuolin lopulliset rakenteet ovat hyvin yksinkertaisia ja käsin työstettävissä. Alunperin esimerkiksi tuolin taittomekanismille oli monimutkaisia suunnitelmia, mutta Pekka Laurila oli sitä mieltä, että yksinkertainen on paras. Siitä syystä muun muassa kankaan kiinnitys toimii hyvin yksinkertaisella mallilla. Kankaan reunaan ommellaan kuvassa 65 esitetty tere ja profiileihin jyrsitään kuvan 66 osoittamalla tavalla muotoa vastaava ura, jonne tere pujotetaan. Kankaat hain yrityksestä nimeltä *Fixafell ja heidän* asiantuntijansa olivat sitä mieltä, että kiinnitys on riittävä ja kestää istumista.



Kuva 64 Tere nauhaa. Eli tämä ommellaan kankaan reunaan ja pujotetaan uraan.

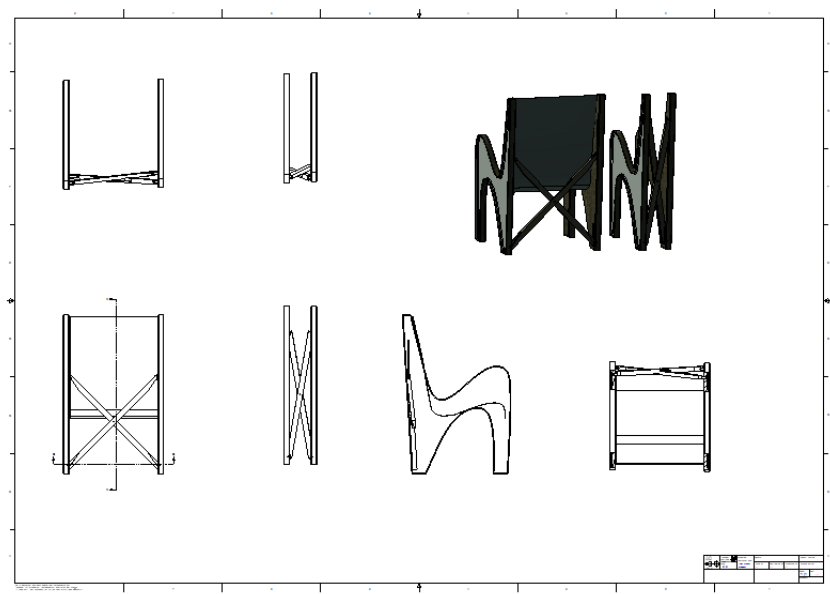


Kuva 65 Luonnos kankaan kiinnityksestä.



*Kuva 66 Tekninen piirustus tuolin perusrakenteesta. Sisältäen vain äärimitat.*

Kuten olen aikaisemminkin kuvannut, tuoli rakentuu kolmesta pääasiallisesta osasta, jos sulkumekanismi jätetään pois. Tuoleihin tarvittavat laminointimuotit tullaan jyrsimään CNC- jyrsimellä. Muotin tekemiseen tarvitaan vain 3d- malli. Kankaan tarvitsema ura tullaan jyrsimään käsijyrsimellä ohjurina toimivan mallineen mukaan.



*Kuva 67 Tekninen piirustus tuolin sulkumekanismista. Kuva ilman mittoja.*

Myös sulkumekanismi pyrittiin pitämään yksinkertaisena. Se rakentuu kahdesta puisesta rimasta, jotka ovat kiinni alareunasta ja yläreunassa niille on ura, jota

myöten ne liukuvat suljettaessa ja avattaessa. Lukitus tapahtuu tapin avulla. Eli mitään suurta mekaniikkaa tässä ei tarvita, eikä voimaa tai teknistä ymmärrystä, jotta sitä pystyy käyttämään. Rimojen risteyskohdasta irrotetaan vain tappi, joka vapauttaa rimat liikkumaan. Ääriassennoissa rimoilla on stopparit ja lukitus reiät osuvat automaattisesti kohdalleen. Tuolin voi lukita haluamaansa asentoon laittamalla tapin takaisin.

## 6.2 Tehtävänantajan kommentit ja arviointi

Tehtävänantaja Pekka Laurila on lopputulokseen tyytyväinen, vaikka projektin välivaiheilla hän epäili jaksamistani ja kykyäni saada projekti ajoissa kasaan. Hän ei ole kovin tiiviisti prosessiani seurannut. Olen kuitenkin pitänyt hänet ajantasalla tapahtumista. Projektin kulkuun ja kommunikoinnin määrään hän olisi halunnut muutosta. Tapani tehdä asioita viimetipassa ei ole hänen mieleensä. Pääasiassa hän kuitenkin luotti arviointikykyyni ja lupaukseeni suunnitella Balticille hyvä tuoli.

Laurilan mielestä täysin lupaukseni. Vielä konsepti ei ole niin viimeistelty kuin hän olisi toivonut, mutta siinä on otettu huomioon jokainen aspekti, joita hän on peräänkuuluttanut. Muotokieli kuvastaa yritystä tarpeeksi, mutta ei ole niin leimaava, että se sopii monen tyylisiin purjeveneisiin. Yksi suuri suunnittelu ongelma on koko ajan ollut se tosiasia, että jokainen purjevene on oman tyylisensä. Kuinka suunnitella kansituoli, joka kuvastaa yritystä, mutta on tarpeeksi mukautumiskykyinen muihin veneisiin? Laurilan mielestä onnistuin vastaamaan tähän haasteeseen kuitenkin hyvin.

Sulkumekanismien kohdalla hän ei odottanut että suunnittelisin sen itse niinkin pitkälle. Baltic Yachtsilla on siihenkin henkilökuntaa, jotka voisivat suunnitella sen puolestani ja tehdä kokeilut. Halusin kuitenkin puuttua mekaniikan ulkoasuun ja toimintaan mahdollisimman paljon. Se oli Laurilasta positiivinen yllätys. Jatkossa tulen käyttämään puuseppien ja insinöörien ammattitaitoa enemmän hyödykseni, kun vien mekaniikkia eteenpäin.



Tehtävänantaja oli loppujen lopuksi tyytyväinen lopputulokseen ja taaksepäin katsottuna hän oli tyytyväinen myös prosessin kulkuun. Se ei sujunut niin kuin hän aluksi oletti, mutta se ei ollut pettymyskään. Tehtävänannon kaikki kriteerit on täytetty ja se kertoo hänen mielestään hyvästä työstä.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Projektin kautta selvitin hiilikuidun mahdollisuuksia niin teoriassa kuin käytännössäkin. Tutkimus jäi mielestäni pintaraapaisuksi, vaikka syvensinkin sen kattamaan materiaalin mahdollisuuksia myös huonekaluteollisuudessa. Tein prosessin aikana oivalluksia, joihin olen tyytyväinen. Valitsin kuitenkin vaikean aiheen, koska se on niin laaja. Se on suurin syy, miksi tutkimus osuus ei päässyt mielestäni tarpeeksi syvälle.

Opin materiaalista kuitenkin paljon ja pystyin hyödyntämään tietoutta suunnittelu- ja prosessissa. Kokeilusta olisi saanut enemmän irti, jos olisi ollut mahdollisuus tehdä prototyyppi, jossa kokeilla ratkaisuja käytännössä. Prototyypin puuttuessa, konseptit jäivät teoria tasolle. Olen kuitenkin tyytyväinen suunnittelemani tuotteen ja uskon ratkaisujen vaativan vain pientä hienosäätöä. Tärkeintä oli, että asiakas oli tyytyväinen lopputulokseen ja asettamani tavoitteet täyttyivät. Tutustuin materiaaliin tarpeeksi syvällisesti kyetäkseen käyttämään tietoutta projektissa. Tutkimuksen pinnallisuudesta huolimatta sain kokonaiskuvan materiaalin mahdollisuuksista niin huonekalusuunnittelussa kuin huonekaluteollisuudessa.

Huonekalusuunnitteluprosessi ei ollut erikoinen, mutta siinä tulee esille osaamiseni ja se veti yhteen kaiken koulussa oppimani. Aikataulut oli projektissa ongelmallinen, koska minulle luontainen työskentelyprosessi ei mene koulun vaatiman aikataulun kanssa yhteen. Aikaisemmin muotoiluprosesseissa olen orjallisesti pyrkinyt noudattamaan koulun vaatimaa aikataulua ja epäonnistunut. En pelkästään aikataulutuksen suhteen vaan myös tuotteista on tullut hätköityjä enkä ole kyennyt olemaan niihin tyytyväinen. Tässä projektissa päätin edetä oman aikatauluni mukaan parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Siinä onnistuin mielestäni hyvin. Sain työn valmiiksi ja olen lopputulokseen tyytyväinen vaikka opettajat ovat sitä mieltä että minulla oli aikataulun kanssa ongelmia. Koulun kriteereihin en siinä suhteessa ylittänyt, mutta omat päämääräni saavutin.

Yhteistyö asiakasyrityksestä keräämäni tiimin kanssa toimi erittäin hyvin. Sain rakentavia välikommentteja ja mielipiteitä sekä kehuja tarpeen tullen. Heiltä sain palautetta, joka kannusti menemään eteenpäin sekä ideoita, jotka auttoivat kehittämään konsepteja. Opettajien kanssa yhteistyö ei sujunut niin moitteettomasti. Osa

syynä on se, että en hakeutunut ohjauksiin tarvittavan useasti. Ohjauksissa koin kuitenkin, ettei kommunikaatio toimi niin hyvin kuin toivoin. Opettajat kuuntelivat ja antoivat palautetta, mutta en ollut aivan vakuuttunut, että he täysin ymmärsivät kysymyksiäni. Kommunikaatio on kuitenkin kehittynyt positiiviseen suuntaan kouluajanani ja tämän projektin yhteydessä se oli parasta tähän asti.

Projekti oli tavoitteiden suhteen onnistunut ja omat kriteerini täyttyivät, mutta puutteita löytyy kuitenkin paljon. Asiakkaan näkökulmasta projekti on onnistuneempi kuin koulun näkökulmasta. Asiakkaan toiveet ja kriteerit täyttyivät, mutta koulun puolelta monta kohtaa olisin voinut tehdä paremmin.

## Lähteet

Archstyle. 2015. Armando Rho A 425 Armchair Luxury Classic Empire Style arm chair. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana:

<http://www.turbosquid.com/3d-models/max-armando-rho-armchair/693222>

Archstyle. 2015. Christopher Guy 30-0026 elegant dining chair curved art deco modern contemporary. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana:

<http://www.turbosquid.com/3d-models/christopher-guy-30-0026-max/602890>

Behan. 2015. There's this boat: Mary Powell. [Verkkojulkaisu]. Sailing Totem. [Viitattu 3.4.2015]. Saatavana:

<http://www.sailingtotem.com/2014/08/theres-this-boat-mary-powell.html>

Björkström. O. 2015. Foreman. Baltic Yachts. Uuden laminoitavan materiaalin esittely. 23.2.2015.

C.Quip. 2015. Directors Chairs. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana:

[http://www.cquip.com/shop\\_843974002.php](http://www.cquip.com/shop_843974002.php)

Chemistry for Life. 2003. High Performance Carbon Fibers. [Verkkojulkaisu]. National Historic Chemical Landmark. [Viitattu 20.2.2015] Saatavana:

<http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/carbonfibers.html>

Committee on High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites, National Research Council, 2005. High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites. [Verkkokirja] Yhdysvallat: National academies Press. [viitattu 20.2.2015]. Saatavana Ebrary- tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Flight International. 2006. Recipe for carbonfiber recycling is hot stuff. [Verkkokirja]. Flight International. [viitattu 25.3.2015]. Saatavana Ebsco- tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Haapalainen, Päivi. Lindman, Matti. 2011. Kokeellisen tuotekehityksen soveltu-  
vuus huonekalualalle. [Verkkajulkaisu] Vaasa. Vaasan yliopisto. Saatavana:

[http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-376-9.pdf7](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-376-9.pdf7)

Houzz. 2015. Alligator. The Director's Cut Chair. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2015].  
Saatavana:

<http://www.houzz.com/photos/23028274/Alligator-The-Directors-Cut-Chair-transitional-folding-chairs-and-stools>

Hämäläinen, J. A. 2010. Hiilikuitukomposiitit autotekniikassa. [Verkkajulkaisu]. Aal-  
to-yliopisto. Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta.  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Kandidaatintyö. [Viitattu 20.2.2015]. Saatavana:

<http://off.tkk.fi/KT69676D.pdf>

Johnson, Todd. 2015. History of Carbon Fibers. [verkkajulkaisu]. Saatavana:

<http://composite.about.com/od/Industry/a/History-Of-Carbon-Fiber.htm>

Johnson, Todd. 2015. What Is Carbon Fiber. A beginners guide to the lightweight  
composite material. [Verkkajulkaisu]. About money. [viitattu 20.2.2015] Saatavana:

<http://composite.about.com/od/aboutcarbon/a/What-Is-Carbon-Fiber.htm>

Kaslin, Joakim. 2015. Insinööri. Baltic Yachts. Suullinen tiedonanto. 2-27.2.2015

Laitala, M. 2011. Hiilikuitu on vaikea kierrättää. [Verkkoartikkeli] Toulouse. Tekniik-  
ka & Talous. [Viitattu 25.3.2015]. Saatavana:

<http://libts.seamk.fi:2224/lehtiarkisto/search/show?eid=2276735>

Laurila, Pekka. 2015. Engineering manager. Baltic Yachts. Suullinen tiedonanto.  
2.2-31.3.2015.

Lindman, M. 2005. Tuotekehityskäytäntö huonekalualan yrityksessä: Raportti erityisesti suupohjalaisten huonekaluvalmistajien tuotekehitystoiminnan kehittämiseksi. Vaasa. Vaasan Yliopisto.

Loukasmäki,Pasi. 2009. Huonekaluteollisuus. Työ- ja elinkeinoministeriön toimialaraportti. [Verkkajulkaisu] Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana: [http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2144/Huonekaluteollisuus\\_lokakuu\\_2009.pdf](http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2144/Huonekaluteollisuus_lokakuu_2009.pdf)

Loukasmäki, Pasi. 2011. Huonekaluteollisuus. Työ- ja elinkeinoministeriön toimialaraportti. [Verkkajulkaisu] Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana: [http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2145/Huonekaluteollisuus\\_lokakuu\\_2011.pdf](http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2145/Huonekaluteollisuus_lokakuu_2011.pdf)

Loukasmäki, Pasi. 2013. Huonekalujen valmistus. Työ- ja elinkeinoministeriön toimialaraportti. [Verkkajulkaisu] Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavana: [http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1893/Huonekalujen\\_valmistus\\_2013.pdf](http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1893/Huonekalujen_valmistus_2013.pdf)

Nyström,Marianna. 2014. Brändistä tuotteeksi. Nimikko kansituolin suunnittelu Baltic Yachts yritykselle. Seinäjoki. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Julkaisematon.

Polyvore. 2015. Empire Wing Chair. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana: [http://www.polyvore.com/invitinghome.com\\_furniture\\_chairs\\_empire\\_wing/thing?id=35277093](http://www.polyvore.com/invitinghome.com_furniture_chairs_empire_wing/thing?id=35277093)

Sarkaranta.A. 2015. Laminoija. Baltic Yachts. Opetus Prepreg- hiilikuitumaton käyttöön. 23.2.2015.

Seitsemäs huone oy. 2015. Huonekalujen tyylhistoria. [Verkkajulkaisu] seitsemashuone.com [Viitattu 22.4.2015] Saatavana: <http://www.seitsemashuone.fi/liskuvia/tyylihistoria.pdf>

Sierakowski,R & Vinson, J. 2002. Behavior of structures composed of composite materials. United States of America: Kluwer Academic Publisher.

Svenfelt, J. 2015. Laminoija. Baltic Yachts. Henkilökohtainen opastus laminointiin 24-27.2.2015.

Strömsnäs, Matts. 2015. Interior designer. Baltic Yachts. Suullinen tiedonanto. 2.2-31.3.2015

Upton, Simon. 2015. House. Design, food & travel. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.5.2015].  
Saatavana:

[http://www.houseandgarden.co.uk/interiors/furnishings/top-50-best-chairs-for-the-home/vanessa-swerve-chair&gws\\_rd=cr&ei=X383VZr4JMKnsAG034HwBg](http://www.houseandgarden.co.uk/interiors/furnishings/top-50-best-chairs-for-the-home/vanessa-swerve-chair&gws_rd=cr&ei=X383VZr4JMKnsAG034HwBg)

Whittaker, Andrew. 2015. Composite Theory part one. Luennon Power Point materiaali. Julkaisematon.

Whittaker, Andrew. 2015. Introduction to engineering. Luennon Power Point materiaali. Julkaisematon.

Zoltek, Toray Group. 2015. Carbon fiber. Future of Carbon fiber. [Verkköjulkaisu].  
Zoltek, Toray Group. [viitattu 20.2.2015] Saatavana:

<http://www.zoltek.com/carbonfiber/the-future-of-carbon-fiber/>

Zoltek, Toray Group. 2015. Carbon fiber. How is carbon fiber made? [Verkköjulkaisu]. Zoltek, Toray Group. [viitattu 20.2.2015] Saatavana:

<http://www.zoltek.com/carbonfiber/how-is-it-made/>

Zoltek, Toray Group. 2015. Carbon fiber. What is carbon fiber? [Verkköjulkaisu].  
Zoltek, Toray Group. [viitattu 20.2.2015] Saatavana:

<http://www.zoltek.com/carbonfiber/>