

Janina Ojala, Lotta Vilhunen

# LunaPur M EVA -muovi alaraajaortoosien ja lainereiden rakennusmateriaalina

LunaPurin soveltuvuus Kombi-lainerin ja FlexiPodin valmistuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Apuvälineteknikko (AMK)

Apuvälinetekniikka

Opinnäytetyö

11.11.2016

|   |  |
|---|--|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika   | Janina Ojala, Lotta Vilhunen<br>LunaPur M EVA -muovi alaraajaortoosien ja lainereiden rakennusmateriaalina - LunaPurin soveltuvuus Kombi-lainerin ja FlexiPodin valmistuksessa<br>43 sivua<br>11.11.2016 |
| Tutkinto  | Apuvälineteknikko (AMK)  |
| Koulutusohjelma   | Apuvälinetekniikan koulutusohjelma   |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Apuvälinetekniikka   |
| Ohjaajat  | Lehtori Tomi Nurminen<br>VTL Päivi Kaljonen  |
| <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee Suomen markkinoille tulleen materiaalin, LunaPur M EVA -muovin käytön soveltuvuutta alaraajaortoosien ja lainereiden rakennusmateriaalina. Opinnäytetyön aihe saatiin Orthonova Oy:ltä, joka on alaraajaortoosien ja erikoisproteesien suunnitteluun ja valmistukseen erikoistunut Helsingissä sijaitseva apuvälinealan yritys. Tuotekehitystyön testivaiheet suunniteltiin ja toteutettiin yhteistyössä Orthonova Oy:n työntekijöiden kanssa. LunaPur M EVA -muovin käyttöönottoa puolustaa sen kustannustehokkuus, sillä se on merkittävästi edullisempaa kuin yrityksen tällä hetkellä käyttämä Streifyflex-muovimateriaali.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää, voiko Orthonova Oy käyttää LunaPur M EVAa kahden alaraajaortoosin rakennusmateriaalina käytössä olevilla menetelmillä ja laitteilla. Opinnäytetyössä valmistetut tuotteet olivat nilkan toimintavajasta kompensoiva FlexiPod-ortoosi ja jäykän ortoosirungon sisään tuleva suojapehmuste, Kombi-laineri.</p> <p>Opinnäytetyö rakentuu tuotekehitystyön prosessikuvauksesta, työhön liittyvien alaraajaortoosien sekä niissä käytettävien materiaalien teoriataustasta ja käytännön kokeilujen tarkasta raportoinnista sanoin ja kuvin.</p> <p>Testaukset toteutettiin onnistuneesti ja havaittuihin ongelmakohtiin löydettiin ratkaisut. Kokeilujen perusteella LunaPur M EVA -muovi soveltuu käytettäväksi FlexiPodin ja Kombi-lainerin materiaalina. Opinnäytetyössä tuotiin esille myös vaihtoehtoinen idea yleisliiman käytölle Kombi-lainerin pinnan suojaamiseksi.</p> <p>Jatkossa materiaalista valmistettuja ortooseja olisi hyvä testata asiakaskäytössä, jolloin saadaan lisätietoa materiaalin kestävyydestä ja asiakastytyvyydestä.</p> |  |
| Avainsanat  | tuotekehitys, LunaPur M EVA, alaraajaortoosi, Kombi-laineri, FlexiPod  |

|   |   |
|---|---|
| Authors<br>Title  | Janina Ojala, Lotta Vilhunen<br>Using LunaPur M EVA as Manufacturing Material for Lower Limb Orthosis and Liners - Suitability of LunaPur in Kombi-liner and FlexiPod |
| Number of Pages<br>Date   | 43 pages<br>Autumn 2016   |
| Degree  | Bachelor of Health Care   |
| Degree Programme  | Prosthetics and Orthotics   |
| Specialisation option   | Prosthetics and Orthotics   |
| Instructors   | Tomi Nurminen, Senior Lecturer<br>Päivi Kaljonen, Lic. Soc. Sc.   |
| <p>This Bachelor's thesis deals with a material that recently entered the Finnish market, LunaPur M EVA -plastic and its suitability as a manufacturing material of lower limb orthoses and liners. The topic was given by Orthonova Ltd, which is a company specialized in designing and manufacturing lower limb orthoses. The test period was planned and carried out in cooperation with Orthonova Ltd. Using LunaPur is cost-effective, since it is significantly more affordable than the currently used plastic, Streifyflex.</p> <p>The aim was to find out if Orthonova could use LunaPur M EVA as a material for two different kind of orthoses with the techniques and appliances already in use. Orthoses manufactured in this product development thesis were a FlexiPod-orthosis compensating ankle functions and a liner inside a rigid orthosis frame, Kombi-liner. The thesis contains a description of the product development, theoretical background of lower limb orthoses and materials, and the practical experiments reported with words and pictures.</p> <p>The tests were carried out successfully and solutions were found for the identified problem areas. On the basis of the experiments LunaPur M EVA is a suitable material for making FlexiPod and Kombi-liner. The thesis also highlighted an idea of alternative use of PVAc -glue as a protecting material of the surface of Kombi-liner when making rigid orthosis frames.</p> <p>Further studies are needed in the future for more information on customer satisfaction and sustainability of the orthoses made of LunaPur.</p> |   |
| Keywords  | product development, lower limb orthosis, LunaPur M EVA, Kombi-liner, FlexiPod  |

## Sisällys

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Alaraajaortoosit ja niissä käytettävät muovimateriaalit | 3  |
| 2.1   | LunaPur   | 3  |
| 2.2   | DAFO  | 5  |
| 2.3   | Riippuniikkaortoosit                                    | 8  |
| 3     | Tuotekehitysprosessi                                    | 12 |
| 4     | LunaPur M EVAn soveltuvuus alaraajaortotiikkaan         | 14 |
| 4.1   | Kombi-lainerin valmistus jäykän ortoosirungon sisälle   | 15 |
| 4.1.1 | Kombi-lainerin valmistus LunaPurista                    | 15 |
| 4.1.2 | Ortoosirungon valmistus muovinvedolla propyleenistä     | 17 |
| 4.2   | Ortoosirungon valmistus märkälaminointimenetelmällä     | 23 |
| 4.3   | FlexiPodin valmistus                                    | 24 |
| 4.4   | Valmistuskokemuksia ja vinkkejä LunaPurin käyttöön      | 35 |
| 5     | Tulosten yhteenveto                                     | 37 |
| 6     | Pohdinta  | 40 |
|       | Lähteet   | 42 |

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, voiko nora systems GmbH yrityksen valmistamaa materiaalia, nora LunaPur M EVAa, käyttää alaraajaortotiikassa. Selvitämme materiaalin käytettävyyttä kahdessa eri tuotteessa: jäykän ortoosirungon sisällä käytettävässä pehmustejärjestelmässä, Kombi-lainerissa, sekä peroneuspareesi-tyyppistä nilkan toimintavajasta kompensoivassa ortoosissa, FlexiPodissa.

Opinnäytetyö on tehty tuotekehitystyönä yhteistyössä Orthonova Oyn kanssa. Orthonova on yksilöllisten alaraajaortoosien sekä erikoisproteesien suunnitteluun ja valmistukseen erikoistunut yritys, jonka henkilöstöllä on kymmenien vuosien kokemus ortotiiikan alalta. Yrityksen tuotevalikoima on Suomen markkinoiden laajin. Aiheen tiedustelun aikoihin Orthonova oli juuri saanut maahantuojalta esitteen Suomen markkinoille tulleesta elastisesta, lämmön ja alipaineen avulla muokattavissa olevasta muovilevystä, LunaPur M EVAsta. Orthonova käyttää LunaPurin kaltaista muovia - Streifyflexiä - yhtenä materiaalina Kombi-lainereissa sekä FlexiPodissa.

LunaPurin käyttöönottoa puolustaa sen edullisuus, sillä LunaPur on neliöhinnaltaan 37 % tällä hetkellä käytössä olevaa Streifyflexiä halvempaa. Ominaisuuksiltaan materiaalit ovat hyvin samankaltaisia ja käyttäytyvät samalla tavoin. Yhteneväisten ominaisuuksien vuoksi voidaan olettaa, että LunaPur olisi toimiva, edullisempi vaihtoehto Streifyflex -muovin rinnalle, mikäli materiaalista valmistetut ortoosit ovat ominaisuuksiltaan samalla tai korkeammalla tasolla Streifyflex-muovista valmistettujen ortoosien kanssa.

Materiaalin testausosio on kaksiosainen. Ensin selvitämme, kestääkö LunaPurista valmistetun Kombi-lainerin pinta jäykän ortoosirungon valmistusprosessin, vai tuhoutuuko materiaalin pinta prosessin kuumuuden vuoksi käyttökelvottomaksi. Toiseksi selvitämme, voiko LunaPurista valmistaa FlexiPod-ortoosin samalla tavalla, kuin se valmistetaan Streifyflexistä. Testiortoosit ja lainerit valmistamme samoilla menetelmillä ja laitteilla, kuin ne Orthonovalla valmistetaan. Mikäli valmistusprosesseissa ilmenee ongelmia, etsimme työtapoihin vaihtoehtoisia ratkaisuja onnistuneen valmistusprosessin takamiseksi.

Elastisen materiaalin käytöstä sääriortooseissa on saatu kannustavia tuloksia etenkin henkilöillä, joilla lihasheikkous ilmenee vain dorsifleksoreissa, sillä elastiset sääriortoosit

lisäävät kävelyn energiatehokkuutta tällä asiakasryhmällä (Van der Wilk, Dijkstra, Postema, Verkerke ja Hijmans 2015). Energiatehokkuuden lisäksi tutkimusten valossa elastiset ortoosit ovat käyttäjien mielestä selkeästi miellyttävämpiä käyttää, kuin perinteiset jäykät säären taakse nousevat sääriortoosit. Jäykät sääriortoosit myös rajaavat nilkan liikelaajuutta enemmän kuin joustavasta materiaalista valmistetut sääriortoosit. (Van der Wilk ym. 2015; Del Bianco - Fatone. 2008.)

LunaPurista valmistettujen ortoosien laadun arvionti on pitkälti Orthonovan asiantunteumuksen varassa. Todellinen testi ortoosien toimivuuteen on vasta asiakaskäytössä. Tällöin selviää, miten hyvin materiaali kestää kulutusta, kuinka kauan siihen vulkanoidut saumat kestävät hajoamatta ja miten hyvin esimerkiksi tarrakiinnitysjärjestelmät pysyvät kiinni LunaPurissa. Opinnäytetyössä emme kuitenkaan selvitä valmiiden tuotteiden käyttöikää vaan selvitämme, voiko materiaalista valmistaa käytössä olevilla menetelmillä Orthonovan käyttämiä ortoosimalleja. Uuden materiaalin käyttöönotto toisi uusia toimivia vaihtoehtoja ortoosimateriaalivalikoimaan ja antaisi kattavammat mahdollisuudet oikeanlaisen ortoosin valitsemiseen asiakkaalle. Ortoosien testivalmistukset ja niissä ilmenneiden ongelmakohtien ratkaisut antavat onnistuessaan apuvälinealalle uusia tapoja toimia.

## 2 Alaraajaortoosit ja niissä käytettävät muovimateriaalit

Syitä alaraajaortoosien käytölle on monia. Alaraajaortooseista voivat hyötyä henkilöt, joilla on tuki- ja liikuntaelimestöstä tai neurologisista syistä johtuvia toimintahäiriöitä, jotka johtavat kävelyn ja liikkumisen hankaloitumiseen. Ortoosivaihtoehtoja on lukuisia, ja niillä voidaan vaikuttaa alaraajan toimintaan useilla eri tavoilla. (Lusardi 2013: 219.) Kullekin materiaalille tyypilliset ominaisuudet määrittävät sen, millaisessa ortoosiratkaisuissa kunkin materiaalia voidaan ja on järkevä käyttää. Opinnäytetyöhömmme liittyviä ortoosien rakennusmateriaaleja LunaPurin lisäksi ovat polypropeeni (PP), matalatiheys polyeteeni (LDPE), silikoni, polyuretaani, laminointihartsit ja solukumi. Polypropeenista tai märkävalussa hartsista voidaan valmistaa jäykkä ortoosirunko, minkä sisällä käytetään esimerkiksi solukumia pehmusteena.

Ortooseilla voidaan lisätä stabiliteettia tukivaiheessa sekä tukea ja ohjata alaraajan linjauksia, mikäli alaraajan nivelissä on rakenteellista tai lihaksista johtuvaa instabiliteettia. Henkilöillä, joilla on heikentynyt lihasten motorinen kontrolli ja epänormaali lihastonus, ortooseilla voidaan edesauttaa liikkumista minimoimalla hypertonian ja alaraajan linjauksen epäsuotuisat vaikutukset liikkumiseen. Ortooseilla voidaan minimoida luisten deformaatioiden sekä kontraktuurien syntymisriskiä, jotka ovat usein pitkäkestoisen hypertonian seurausta etenkin kasvavilla lapsilla. DAFOilla voidaan juurikin antaa tukea pystyasentoon ja tukivaiheeseen, sekä vähentää jalkaterän hypertoniaa ja tämän myötä ehkäistä ja vähentää virheasentojen syntymistä. (Lusardi 2013: 219, 230–232.)

Peroneustuet ovat hyvä esimerkki ortoosista, jolla korvataan menetettyä lihastoimintaa. Nilkan dorsifleksio korvataan ortoosilla, kun esimerkiksi peroneaaliliherron vamman tai sairauden vuoksi ei ole kykyä nostaa varpaita ylös maasta kävelyn heilahdusvaiheen aikana. (Lusardi 2013: 219,232–237.) Orthonovalla valmistetaan elastisia ortooseja LDPE:stä ja polyuretaanista nilkan toimintavajavuuden hoitoon. LunaPuria olisi mahdollista käyttää DAFOjen Kombi-lainereissa ja elastisissa peroneuspareesiortooseissa.

### 2.1 LunaPur

Muovausominaisuuksien perusteella muovit jaetaan kesto- ja kertamuoveihin. Kestomuoveille ominaisen kemiallisen rakenteen vuoksi niitä voidaan uudelleen muokata lämmön ja paineen avulla, eli ne ovat termoplastisia. Kertamuoveja ei ole mahdollista muokata uudelleen lämmöllä. (Seppälä 2005: 27.) Opinnäytetyössä käsittelemämme nora®

LunaPur M on kestopuovi. Sitä valmistaa saksalainen yritys, nora systems GmbH, jolla on myös toimintaa USA:ssa. Se kehittää, tuottaa ja markkinoi korkealaatuisia kumilattia-päälysteitä ja sertifioituja kengän komponentteja nora® brändin alla. (nora systems GmbH B.)

LunaPur on ominaisuuksiltaan elastinen ja läpinäkyvä materiaali, joka on erittäin helposti lämpömuokattavissa. Materiaalin työstämisen näkökulmasta se on helposti hiottavissa ja käytön kannalta materiaalin hyviä ominaisuuksia ovat pestävyys ja ihoystävällisyys. Vaikka materiaali on prosessoituna venymätön ja tukeva, se on myös joustava. LunaPuria voidaan käyttää joustavana jäykistemateriaalina esimerkiksi tukipohjallisissa ja kengän kärkikovikkeina. Lisäksi sitä voidaan käyttää osana muita ortopedisiä apuvälineitä, kuten esimerkiksi proteesiholkeissa. Materiaalin lämmitys aika ja vaadittava lämpötila riippuvat materiaalin paksuudesta. LunaPuria voidaan lämmittää kuumailmapuhaltimella, lämpölevyllä, infrapuna- tai kiertoilmauunissa. Materiaali muuttuu lämpömuokattavaksi 110–130 asteessa, uunista ja levyn paksuudesta riippuen. Ohjeellinen lämmitys aika 4mm materiaalille on noin 2 minuuttia kiertoilmauunissa. (nora systems GmbH 2016 A.) Taulukossa 1 on nähtävillä ortoosissa käytettäviä muovimateriaaleja ja niiden ominaisuuksia.

Taulukko 1. Ortoosissa käytettäviä muovimateriaaleja

| Muovi  | Kertamuovi/kestomuovi      | Lämpötila kiertoilmauunissa            | Elastinen /Jäykkä                            |
|--|----------------------------|--|--|
| Streifyflex (LDPE)<br>(Streifeneder n.d.)    | Kestomuovi                 | 120 – 135 °C                           | Elastinen                                    |
| LunaPur (EVA)<br>(Nora systems GmbH 2016 A)  | Kestomuovi                 | 110 – 130 °C                           | Elastinen                                    |
| Polypropeeni                                 | Kestomuovi<br>(Sorsa 2015) | 185 °C (Ottobock HealthCare GmbH n.d.) | Jäykkä                                       |
| Laminointiharts<br>(Muoviteollisuus ry n.d.) | Kertamuovi                 |  | Jäykkä (voi tehdä seoksen, joka on joustava) |
| Silikoni<br>(Tammela. 1989:296–270)          |                            |  | Elastinen                                    |
| Polyuretaani<br>(Tammela 1989:225–236)       | Kertamuovi                 |  | Elastinen                                    |



Tällä hetkellä Orthonovan FlexiPod ortooseissa käyttämä Streifeneder yrityksen valmistama Streifyflex kuuluu LDPE (low density polyethylene) muoveihin ja luokitellaan matalatiheyspolyeteeniksi. Se on elastinen ja lämpömuokattava materiaali. Erinomaisten muovaus- ja hitsausominaisuuksien sekä laajan värivalikoiman takia se soveltuu käytettäväksi erilaisissa ortotiikan ja protetiikan tuotteissa. Käyttökohteita ovat pohjalliset, vedenkestävät lastat ja tuet, kämmenen ja kyynärvarren ortoosit sekä proteesiholkit. Materiaali on lämpömuokattavissa 120–135 celsiusasteessa. Toisin kuin LunaPuria, sitä on saatavana vain 2mm ja 4mm vahvuisina levyinä. (Streifeneder n.d.)

## 2.2 DAFO

80-luvun puolivälissä, ennen dynaamisia AFOja neurologisista ongelmista kärsivillä lapsilla käytettiin kipsikenkiä, jotka sallivat nilkan liikkeen plantaari- ja dorsifleksioon. Nilkan yli ylettyvät kipsit vähensivät lapsen koko kehon hypertonusta istuessa ja seistessä. Dynaamisten AFOjen kehitys alkoi kestävämpien ortoosien tarpeesta, kun osalla lapsista kipsiset tuet rikkoutuivat jatkuvasti heidän opetellessaan uusia liikkumismahdollisuuksia. Kipsikengät ja niistä jatkokehitellyt polypropeeniset DAFOt on tehty footboard-mitanotolla, jonka avulla on tarkoitus tukea jalan kaaria ja pehmytkudosalueita. Tukea laitetaan mediaaliselle pitkittäiskaarelle, poikittaiselle kaarelle, kantaluun eteen lateraalille puolelle sekä varpaiden taakse. (Hylton 2000:28–45.) Orthonovalla valmistettavat yksilölliset ortoosit tehdään Hyltonin konseptin mukaisella footboard-mitanotolla.

Hyltonin (1989) dynaaminen AFO eli DAFO on muovista ohueksi ja joustavaksi tehty supramalleolaarinen ortoosi, joka sallii plantaari- ja dorsifleksion. Ortoosin mitanotto tapahtuu footboardilla, jolla saadaan tarkasti korjattua jalkaterän holvirakenteet. DAFO:n jalkateräosaan voidaan liittää muitakin ominaisuuksia, kuten plantaari- ja dorsifleksiorajoitukset toimintakyvyn ja tarpeen mukaan. DAFOjen lisäksi Hylton esittelee kolme matalampi mallista dynaamista jalkateräortoosia (DFO), joissa mitanotto tehdään myös footboardin avulla. (Hylton 1989.)

Lusardin ym. (2013) määritelmä DAFOlle eroaa hieman Hyltonin määritelmästä. Lusardi ym. kertovat DAFO:n olevan jatkokehittelyn tuotos Kalifornian Yliopiston biomekaanisessa laboratorioissa kehitellylle matalalle UCBL-ortoosille, jonka tarkoitus on tukea instabiilia subtalaariniveltä. Ortoosi kontrolloi jalkaterän takaosan ja etuosan valgusta ja varusta, mikä tehdään tukemalla kantaluu ja telaluu neutraaliin asentoon ja nostamalla

mediaaliset ja lateraaliset trimmilinjat tukemaan jalan keskiosaa. UCBL-ortoosi on suunniteltu henkilöille joilla on joustava pes planus, eli lattajalka, tai muita pitkittäiskaaren virheasentoja. UCBL voi parantaa hypotonisen jalan suorituskykyä tukivaiheen aikana. DAFO on suunniteltu jakamaan jalkapohjan paineet tasaisesti koko jalkaterälle kantaluusta etuosalle asti. Tämän uskotaan vähentävän refleksien stimuloimista, joka kasvat- taisi extensoreiden hypertonusta lapsilla, joilla on spastinen diplegia. Ortoosilla aikaan- saadaan kävelyssä vakaa tukivaihe, mikä parantaa heilahdusvaiheen sujuvuutta, askel- pituutta, askelnopeutta ja itsevalittua kävelynopeutta lähes samalle tasolle terveiden ikä- tovereiden kanssa. (Lusardi ym. 2013:230–232.) Vaikka historia on erilainen Hyltonin kertoman kanssa, voidaan ortoosien indikaatioista olettaa, että sekä Lusardin ym (2013) ja Hyltonin (2000) esittelemät DAFOt ovat samanlaisia subtalaariniveltä ja jalkaterän kaaria tukevia ortooseja, jotka parantavat käyttäjänsä liikkumiskykyä (Hylton 2000:28- 45, Lusardi ym. 2013:230–232.) Tiivistettynä DAFOilla tuetaan jalkaterä ja kantaluu neut- raaliin keskiasentoon. Tämä virheasentojen korjaus vähentää spastisuutta, mikä johtaa koko kehonhallinnan paranemiseen.

Näslund, Tamm, Von Wendt ja Ericsson (2003) ovat tutkineet vanhempien kokemuksia lastensa DAFOista. DAFOja käyttävien lasten vanhemmat kertovat lukuisista muutok- sista, joita ortoosit ovat saaneet aikaan lastensa päivittäisissä toiminnoissa. DAFOjen kerrotaan korjaavan jalkojen asentoa, mikä lisää tasapainoa ja luo paremman pysty- asennon. DAFOjen kerrotaan korjaavan polvien asentoa sekä istuma-asentoa, joka vai- kuttaa parempaan pään kontrolliin ja käsien toimintaan. Ortoosit vähensivät lihasten ten- siota ja muuttivat liikkumisen ketterämmäksi. Lisäksi vanhemmat kertovat ortoosien ole- van hyvä lisä muulle kuntoutukselle: pohjelihasten venyttelyn tarve väheni, sillä DAFOt pitävät lihakset pitkinä ja estää niiden lyhentymisen DAFOjen käytön aikana. Lisäksi osa vanhemmista kertoi lasten turvan ja vapauden tunteen lisääntyneen oman kehon hallin- nan myötä, minkä seurauksena lapset uskalsivat osallistua enemmän leikkeihin ja akti- viteetteihin. (Näslund ym. 2003.)

Dieli (1997) tutkimusryhmineen ovat vertailleet plantaarifleksiorajoitteisen yksilöllisen AFO:n, jossa on DAFOmainen jalkateräosa, ja tehdasvalmisteisen AFO:n vaikutusta kä- velyn parametreihin hemiplegiapotilailla. Tulokset kertovat yksilöllisen AFO:n luovan symmetrisemmän kävelyn kuin kävely on tehdasvalmisteisilla AFOilla tai ilman ortoose- ja. Koehenkilöiden subjektiivinen kokemus on, että yksilölliset AFOt vähentävät jalkojen väsymistä, antavat tukea jalkaterän kaarille ja korjaavat kantaluuta pois virheasennosta. Negatiivisena puolena koehenkilöt kertovat yksilöllisen AFO:n olevan hankala pukea

päälle. (Dieli ym. 1997.) Samaa kertovat DAFOja käyttävien lasten vanhemmat Näs-lundin tutkimusryhmän tutkimuksessa. Jotta DAFOt toimivat ja antavat oikean tuen, tulee kantaluun olla täysin DAFO:n perällä. Lasten vanhempien mukaan lapset eivät kykene pukemaan eivätkä riisumaan ortooseja itsenäisesti, vaan se jää vanhempien tehtäväksi, mikä koetaan taakkana. Vanhemmat kuitenkin kertovat DAFOjen hyötyjen olevan haittoja paljon suurempia, eikä kukaan vanhemmista aio lopettaa DAFOjen käyttöä lapsiltaan. (Näslund ym. 2003.)

Orthonovan ratkaisu DAFOjen ja muiden ortoosien pukemisen helpottamiseksi on Kombi-laineri. Se on pehmeästä ja elastisesta materiaalista valmistettu tossumainen sisäosa, jonka kanssa jalka pujotetaan jäykän ortoosirungon sisään (kuviot 1 ja 2). Se on kehitetty helpottamaan ortoosien pukemista ja ehkäisemään hankaumia jalkaterän alueella. (Orthonova tuotekuvasto 2016.) Kombi-lainerista hyötyvät henkilöt, joiden jalkaterät ovat luisevat ja niissä esiintyy voimakasta spastisuutta ja ovat siksi alttiina painaumille ja hankaumille.



Kuvio 1. Polypropeenista valmistetun sääriortoosin sisällä valkoinen Kombi-laineri. Irrotettava Kombi-laineri puetaan ensi jalkaan ja jalka pujotetaan lainerin kanssa ortoosin sisälle



Kuvio 2. Valmistusvaiheessa oleva DAFO ja sen sisällä LunaPurista valmistettu Kombi-laineri

### 2.3 Riippunilkkortoosit

Riippunilikka (engl. drop foot) tarkoittaa nilkan toimintavajasta, jonka vuoksi henkilö ei saa aikaan dorsifleksiota. Dorsifleksion puuttumisen myötä kävelyn heilahdusvaiheessa varpailla on riski laahautua maata pitkin, mikä suurentaa riskiä kompuroinnille ja kaatumiselle. Tyypillisesti riippunilkkainen henkilö kompensoi dorsifleksiovajasta suuremalla lonkan ja polven fleksiolla, joiden avulla jalkaterä saadaan irti maasta heilahdusvaiheessa. Riippunilkan aiheuttajia on monia. Se voi johtua muun muassa peroneaaliliherrmoon kohdistuneesta iskusta ja hermon vauriosta, se voi olla seuraus muun muassa aivoverenkiertohäiriöstä, aivoihin kohdistuneesta vammasta, selkäydinvammasta tai esimerkiksi ms-taudista. (Farley 2009.) Suomessa aivohalvauksen eli aivoverenvuodon tai aivoinfarktin saa vuosittain noin 14 000 henkeä, joista 25% on työikäisiä (Atula 2015).

Kompuroinnin estämiseksi ja kävelyn helpottamiseksi on saatavilla lukuisia dorsifleksioavusteisia ortoosivaihtoehtoja niin tehdasvalmisteisina kuin yksilöllisesti valmisteit-  
tuinakin. Vaihtoehtoja löytyy materiaaleista, nivelkomponenteista ja muodoista. Hiilikui-  
tujouselliset ortoosit varastoivat energiaa tukivaiheessa ja vapauttavat sen varvastyön-  
nön avuksi, kun taas lämpömuoviset tuet on tarkoitettuja vain pitämään jalkaterä 90 as-  
teen kulmassa heilahdusvaiheen aikana. Nivelkomponenteista löytyy säädettäviä kier-  
rejousiavusteisia niveliä sekä erilaisia variaatioita muovista valmistetuista nivelistä. (Lu-  
sardi - Jorge - Nielsen 2013:232-237.) Tyypillisesti dorsifleksioavusteiset ortoosit on  
suunniteltu kahta tehtävää varten. Niiden tarkoitus on tukea nilkka neutraaliin 90 asteen  
asentoon heilahdusvaiheen aikana, jotta jalka ei roiku ja laahaa maata kävelyä häiriten.  
Toinen tarkoitus on kontrolloidusti laskea jalkaterä maahan juuri kantauskuvaiheen jäl-  
keen ja estää jalkaterän läpsähtäminen alustaan. (Lusardi ym. 2013:232-237, Bruckner  
- Edelstein 2002:39-40, Farley 2009)

Orthonova on kehittänyt FlexiPodin (Kuvio 3.) ja siitä tukevamman version FlexiPod Rx  
-ortoosit riippunilkan eli peroneuspareesityyppisen nilkan toimintavajavuuden kompen-  
soimiseksi. Ortoosi pitää jalkaterän dorsifleksiossa heilahdusvaiheen aikana ja estää  
kantauskuvaiheessa ilmenevän äkillisen plantaariflexion eli niin sanotun jalkaterän läp-  
sähdyn alustaan (Orthonova tuotekuvasto 2016). Flexipodin lisäksi Orthonova val-  
mistaa polyuretaanista valmistettua elastista ortoosia, CUAFOa, nilkan toimintavajavu-  
uden hoitoon (Kuvio 3.). Lisäksi saatavilla on ulkomailla yksilöllisesti valmistettava siliko-  
ninen SAFO (Kuvio 3.) (Dorset Orthopaedic 2015).



Kuvio 3. Orthonovan tuotevalikoimassa on elastisia ortooseja nilkan toimintavajauksen hoitoon: Vasemmalta alkaen LDPEstä valmistettu FlexiPod, polyuretaanista valmistettu CUAFO ja silikonista valmistettu SAFO

Van der Wilk,, Dijkstra, Postema, Verkerke ja Hijmans (2015) ovat tehneet systemaattisen kirjallisuuskatsauksen sääriortoosien vaikutuksista aktiivisuuteen henkilöillä, joilla on nilkan toimintavajaus. 24 tutkimusta käsiteltyään tulokseksi saatiin muun muassa, että henkilöt, joilla on dorsifleksoreiden heikkous hyötyvät enemmän elastisesta, jalan ympärille kiertyvästä AFOfista kuin perinteisestä pohkeen taakse nousevasta sääriortoosista. Elastisen sääriortoosin myötä heidän kävelynsä muuttui energiatehokkaammaksi. Sen sijaan henkilöt, joilla on plantaarifleksoreiden heikkous, hyötyvät enemmän perinteisestä pohkeen taakse nousevasta sääriortoosista. Heillä tällainen ortoosi muutti kävelyä energiatehokkaammaksi.

Molemmat, sekä elastiset että perinteiset säären taakse nousevat ja jalan ympärille kiertyvät sääriortoosit lisäsivät kaikki dorsifleksiota heilahdusvaiheen aikana. Elastiseen ortoosiin verrattuna perinteinen säären taakse nouseva, jäykästä materiaalista valmistettu, sääriortoosi lisäsi plantaariflexiomomenttia kävelyn työntövaiheessa. Haitallisena puoleena pohkeen taakse nousevan sääriortoosin kohdalla mainittiin nilkan liikelaajuuden pienentymisen sekä ortoosin epämukavuus. Yhdessä katsauksen tutkimusartikkelissa tulokseksi saatiin että nilkan ympärillä oleva ortoosi oli 5 pisteen skaalalla 2 pistettä miellyttävämpi käyttää, kuin perinteinen pohkeen taakse nouseva sääriortoosi. Toisessa tutkimusartikkelissa kerrottiin, elastisen ortoosin olevan perinteistä sääriortoosia miellyttävämpi käyttää. (Van Deer Wilk ym. 2015.) Tulokset tukevat FlexiPod-tyyppisen ortoosin käyttöä etenkin henkilöillä, joilla on säären etupuolen lihasten heikkous. Taulukossa 2 on jaoteltuna ortoosimallit nilkan lihasten toimintavajauksien mukaan.

Taulukko 2. Riippunilkkortoosien luokittelu toimintavajauksien mukaan.

| Tuki   | Plantaarflek-<br>soreiden heik-<br>kous | Dorsiflek-<br>soreiden<br>heikkous | Plantaari- ja<br>dorsifleksorei-<br>den heikkous | Voimakkaat vir-<br>heasennot jalka-<br>terässä<br>(esim equinova-<br>rus)<br>-hypertonus |
|--|---|------------------------------------|--|--|
| Elastinen nilkan ympärillä<br>oleva tuki<br>Esim SAFO, CUAFO, Fle-<br>xiPod          |   | x                                  |  |  |
| Jäykkä PLS-ortoosi   | x                                       |                                    | x  |  |
| Yksilöllinen footboard-mi-<br>tanotolla tehty AFO plan-<br>taarifleksiorajoituksella |   |                                    |  | x  |

(Hylton 1989, Van Deer Wilk ym. 2015)

Elastisen tuen käyttömukavuuden puolesta puhuu myös James Biancon ja Stefania Fatonen tutkimus. He vertasivat kävelylaboratoriossa silikonista valmistetun sääriortoosin SAFO:n ja polypropeenisen perinteisen pohkeen taakse nousevan sääriortoosin (PLS-AFO) toimivuutta henkilöllä, jolla on sensorinen ja motorinen neuropatia, Charcot-Marie-Tooth (CMT). CMT:stä johtuen koehenkilöllä on molemmissa jaloissaan nilkan lihasten atrofia ja toimintavajaus, mikä johtaa kantaiskuvaiheessa nilkan äkilliseen plantaarfleksioon eli jalkaterän läpsähtämiseen ja nilkan riippumiseen. Tutkimuksesta selvisi, että molemmat ortoosit paransivat koehenkilön kävelyä verrattuna pelkillä kengillä kävelyyn. PLS-AFOlla oli vaikutusta enemmän, etenkin tukivaiheen aikana. PLS-AFO paransi kävelyä sekä tuki- että heilahdusvaiheessa, kun SAFO vaikutti nilkan liikkeeseen lähinnä heilahdusvaiheessa. Molemmat tarjosivat heilahdusvaiheen aikana apua dorsifleksioon, eli estivät nilkan riippumisen ja jalkaterän läpsähtämisen. SAFOon verrattuna PLS-AFO vähensi nilkan liikelaajuutta. PLS-AFO:n kanssa koehenkilö kertoo kävelevänsä normaalisti, eikä hänen tarvitse tietoisesti nostaa varpaitaan kävelyn aikana, niin kuin SAFOa käyttäessä täytyy. Tästä huolimatta hän kertoo SAFO:n olevan miellyttävämpi käyttää, kuin PLS-AFO. Käyttömukavuutta lisää SAFO:n mukautuminen epätasaiseen maastoon, mikä antaa näissä olosuhteissa paremman tasapainon kuin PLS-AFO. (Del Bianco - Fatone. 2008.)

Vuonna 1990 ilmestyneessä artikkelissa Ron Sutton esitteli tutkimuksen, jossa vertailtiin polypropeenista ja termoelastisesta muovista (Thermoplastic elastomer TPE) valmistet-

tuja sääriortooseja toisiinsa. TPE-muovi, josta artikkelissa kerrotaan, on joustava ja kestävä materiaali, jossa ei ilmene polypropeenille tyypillistä virumista tai väsymistä (Sutton. 1990). Viruminen on pitkäaikaisen rasituksen aiheuttama pysyvä muodonmuutos materiaalissa (Muovit ja Kumit 2001). Sutton (1990) kertoo henkilöiden, jotka ovat vaihtaneet polypropeeniset sääriortoosinsa TPEstä valmistettuun sääriortoosiin, olevan tyytyväisiä ortoosin toimivuuteen ja käyttömukavuuteen. Artikkelissa mainittua ortoosia ei voi suoranaisesti verrata SAFO- CUAFO- ja FlexiPod -tyyppisiin ortooseihin, sillä TPE on artikkelin mukaan yhtä aikaa joustava, sekä jäykkä. Edellä mainitut ortoosit ovat kyllä joustavia, mutta eivät jäykkiä. Kuitenkin kyseisessä sekä muissa artikkeleissa ja tutkimuksissa ortoosin käyttömukavuus näyttää kulkevan käsi kädessä ortoosin elastisen ominaisuuden kanssa (Van Deer Wilk ym. 2015, Bianco - Fatone 2008, Sutton 1990). LunaPurin voi olettaa olevan miellyttävä ortoosimateriaali juurikin elastisen ominaisuutensa vuoksi.

### 3 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehityshankkeen tavoitteena on selvittää, voiko Orthonova käyttää Suomessa markkinoille tullutta uutta materiaalia, LunaPur M EVAa ortoosien rakennusmateriaalina. Selvitämme voiko LunaPurista valmistaa olemassa olevilla tekniikoilla ja laitteilla kahta erityyppistä ortoosia. Ensimmäinen selvityskohde on, onnistuuko elastisen peroneuspaa-reesi-ortoosin, FlexiPodin valmistus uudesta materiaalista. Toiseksi selvitämme voiko materiaalista valmistaa jäykän ortoosirungon sisälle lainerin eli yhtenäisen suojapeh-musteen, Kombi-lainerin. FlexiPodin päämateriaalina käytetään Streifyflex-muovia. Kombi-lainereita tehdään pehmustemateriaaleista, mutta myös Streifyflex-muovista, mi-käli asiakkaalla on tarve tukevammalle lainerille.

Työmme helpottaa materiaalin käyttöönottoa yrityksessä, sillä selvitämme toimivat val-mistusmenetelmät ja keksimme ratkaisuja mahdollisesti ilmeneville ongelmatilanteille. Streifyflex-muovin käyttö Orthonovalla alkoi myös tuotekehityshankkeen myötä, kun Kyösti Lassila (2012) teki opinnäytetyön aiheenaan "Streifyflex™-muovin soveltuvuus alaraajaortotiikkaan: edullinen vaihtoehto SAFO®-ortoosille?". Kun streifyflex ilmeni käyttökelpoiseksi materiaaliksi alaraajaortotiikassa, Orthonova alkoi käyttää materiaalia tuotteissaan.

Tuotekehityshankkeen rakenteesta on havaittavissa neljä eri toimintavaihetta: käynnis-täminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Käynnistämisen edellytyksenä on tarve uudelle tuotteelle ja toteuttamismahdollisuuksien realismi. Luonnosteluvaihe pitää sisällään ideointia kehitettävän tuotteen vaihtoehtoisista ratkaisuluonnoksista. Vaihe etenee ongelman havaitsemisen jälkeen tiedonhakuun, ongelman analysoimi-seen, vaatimusten ja tavoitteiden asettamiseen, ideoiden valikoimiseen ja niiden testauk-seen ja lopulliseen päätöksentekoon. (Jokinen 2001; 14–22.)

Opinnäytetyöprojektissämme on havaittavissa kaikki nämä neljä tuotekehityshankkeen toimintavaihetta. Opinnäytetyömme käynnistäminen lähti liikkeelle Orthonovan ehdotta-masta ideasta testata uuden materiaalin, LunaPur M EVAn käyttömahdollisuuksia ala-raajaortotiikassa. LunaPurin käyttöönottoa puolustaa sen kustannustehokkuus, se olisi edullisempi vaihtoehto kuin Orthonovan tällä hetkellä käyttämä materiaali. Lisäksi mate-riaalin käyttäminen ortoosien rakennusmateriaalina voisi onnistua jo olemassa olevia työmenetelmiä ja laitteita käyttäen, joten niiden vuoksi lisäinvestointeja ei tarvittaisi. Käynnistämisenvaiheessa selvitimme tämän tuotekehitystyön toteuttamiskelpoisuutta



opinnäytetyömuodossa; tarkastelimme aiheesta löytyvää kirjallisuutta ja pohdimme materiaalin soveltamismahdollisuuksien laajuutta alaraajaortotiikassa sekä käytännön kokeilujen toteuttamista. Luonnosteluvaiheessa pohdimme Orthonovan kanssa, millaisten tuotteiden rakennusmateriaaliksi LunaPur voisi sopia. Asetimme tavoitteet asioista, mitä tulemme käytännön kokeiluissa selvittämään. Valitsimme kaksi päätavoitetta; selvittää onko LunaPurista mahdollista valmistaa FlexiPod -tyyppinen ortoosi ja iltillisiä Kombi-lainereita jäykän ortoosirungon sisälle. Tutustuimme materiaaliin ja sen ominaisuuksiin lisää sekä pohdimme mahdollisia ongelmia liittyen LunaPurin käyttöön ortoosin rakennusmateriaalina. Mietimme myös mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, joita voisimme ongelman ilmentyessä kokeilla.

Kehittelyvaiheessa tulee ottaa huomioon tuotteelle asetetut vaatimukset ja tavoitteet. Valitun ratkaisuluonnoksen ominaisuuksia arvioidaan teknisestä ja taloudellisesta näkökulmasta. Tehtyä suunnitelmaa tai rakennetta parannellaan poistamalla heikkoja kohtia tilanteeseen sopivien menetelmien avulla ja hiotaan tuotteen yksityiskohtia. (Jokinen 2001; 89–92.) Kehittelyvaiheessa selvitimme, millaisia vaatimuksia materiaalin tulisi täyttää, teimme käytännön kokeiluja sekä mietimme ratkaisuja ja havaittuihin ongelmiin. Olimme ennakoineet, että LunaPurin sulamislämpötilasta voisi aiheutua ongelmia polypropeenin vedossa Kombi-lainerin päälle, sillä polypropeenin sulamispiste on korkeampi kuin LunaPurin. Käytännön kokeiluissa havaitsimme tähän liittyvän ongelman; kuumen propyleenin vuoksi Kombi-lainerin päällä ollut sukka jäi LunaPuriin kiinni. Kokeilimme erilaisia vaihtoehtoja ennen kuin keksimme toimivan ratkaisun.

Viimeistelyvaiheessa yksityiskohdat muotoutuvat lopulliseen muotoonsa ja laaditaan esimerkiksi tuotteen valmistusohje, huolto- ja käyttöohjeet sekä mahdollinen prototyyppi. Viimeistelyvaiheen jälkeen tehdään lopullinen päätös tuotannon aloittamisesta. Tuotekehitystyö ei kuitenkaan kokonaan pääty tuotannon aloittamiseen, vaan tuotteen pysyminen kilpailukykyisenä edellyttää sen jatkuvaa kehittämistä. (Jokinen 2001; 16–17,96–99.) Viimeistelyvaiheessa koostimme raportin tuotekehitystyön toteutuneesta etenemisestä ja materiaalin soveltuvuudesta valituissa alaraajaortotiikan käyttökohteissa. Tarkoituksenamme ei ollut valmistaa LunaPurista prototyyppiortoosia, sillä Orthonovan valmistamat ortoosit ovat aina yksilöllisiä. Orthonovan päättäessä ottaa materiaali osaksi käyttämiään ortoosien rakennusmateriaaleja, tuotekehitystyö tulee jatkumaan esimerkiksi asiakaspalautteen pohjalta.

#### 4 LunaPur M EVAn soveltuvuus alaraajaortotiikkaan

Testivaiheiden toteuttaminen on suunniteltu yhdessä Orthonovan kanssa. Suunnittelussa on otettu huomioon työelämän tarpeet. Materiaalia testataan samoilla työmenetelmillä, joilla Orthonova valmistaa tuotteitaan. Heidän toiveidensa perusteella sovimme testattavaksi työvaiheet ja -menetelmät, jotka ovat nähtävillä taulukossa 3. Materiaalikoelut lähtivät liikkeelle LunaPuriin tutustumisella; millaista materiaali on käsitellä, miten se käyttäytyy uunissa ja mikä on optimaalinen uunin lämpötila. Orthonovalta saimme käyttöömmä 2mm:n, 4mm:n ja 6mm:n vahvuisia LunaPur-levyjä ja kaksi erilaista kipsiä kokeiluja varten.

Taulukko 3. Testattavat työvaiheet ja -menetelmät.

| Tuote         | Työvaiheet  | Kysymyksiä  |
|---------------|---|---|
| FlexiPod      | Valmistamme FlexiPod-tyyppisen ortoosin.  | Vulkanoituuko LunaPur itsensä kanssa?<br>Pysyvätkö saumat kiinni?<br>Millaisia ongelmia ilmenee?  |
| Kombi-laineri | Valmistamme iltillisiä Kombi-lainereita   | Tarttuuko ensin valmistettu iltti kiinni laineriin, kun kuuma laineri ja kylmä iltti koskettavat toisiinsa lainerin valmistuksessa? Eli ehtiikö LunaPurin lämpö sulattamaan kylmän iltin? |
|               | Vedämme lainerin päälle jäykkää ortoosirunkoa varten polypropeeni -muovin   | Miten LunaPurista valmistettu laineri käyttäytyy kuuman polypropeenin alla?<br>Tarttuuko sukka kiinni?<br>Tarttuuko sukka kauttaaltaan vai osittain?<br>Tuhoutuuko lainerin pinta?        |
|               | Teemme Kombi-lainerin päälle jäykän ortoosirungon märkälaminointimenetelmällä. Märkälaminoinnin sisällä lujitekuituina käytämme Orthonovan suosimaa hiilikuitunauhaa, sekä perlon-sukkaa. | Kuumeneeko hartsi kovettuessaan niin paljon, että laineri kärsii?   |

Toteutamme kaikki työvaiheet kuten ne työelämässä toteutetaan. Esimerkiksi LunaPurin pinnan kestävyyttä kuuman polypropeenin vetämisen jälkeen voisi havainnoida tekemällä yksinkertainen kipsiposiivi, jonka päälle vetäisimme alipaineella LunaPurista pinna. Tämän päälle vetäisimme alipaineella polypropeenin. Tällainen tilanne ei kuitenkaan vastaa oikean lainerin valmistusta. Kombi-laineri sisältää sekä positiivisia, että ne-

gatiivisia muotoja – kuperia ja koveria – joiden välillä LunaPurin pinta voi käyttäytyä keskenään eri tavoin. Alipaine ei välttämättä vedä polypropeenii yhtä voimakkaasti negatiivisten muotojen pohjalle, kuin se vetää kuperien alueiden korkeimmille kohdille. Erilainen paine eri alueilla voi vaikuttaa LunaPurin pintaan hyvinkin eri tavalla. Jotta näemme, miten LunaPur käyttäytyy todellisissa työelämää vastaavissa tilanteissa, emme yksinkertaista työprosessia, vaan valmistamme testiortooseja ja lainereita, kuten Orthonova niitä valmistaa.

#### 4.1 Kombi-lainerin valmistus jäykän ortoosirungon sisälle

LunaPur voisi – Streifyfleksin lailla – elastisen ominaisuutensa vuoksi soveltua Kombi-lainerin materiaaliksi. Streifyfleksistä valmistettu Kombi-laineri vaatii erillisen kipsikopion ortoosirungon valmistusta varten, sillä alhaisessa lämpötilassa sulava Streifyflex ei kestä ortoosirungon valmistuksessa käytettävää lämpötilaa. Streifyflexin ohjelämpö kiertoilmauunille on 120 – 135 °C ja polypropeenille se on yli 200 °C. Ongelmana Kombi-lainerista ortoosia tehdessä on ollut valmistustekniikka; Kun streifyfleksistä valmistetun Kombi-lainerin päälle vetää yli 200 asteisen polypropeenin, lainerin pinta kärsii ja tuhoutuu. Tämän vuoksi Orthonovalla on päädytty ottamaan kipsikopio alkuperäisen kipsin päällä olevasta Kombi-lainerista. Näin saadaan Kombi-lainerin muoto kipsiin, jonka päälle voi huoletta vetää polypropeenin, jolloin laineri jää ehjäksi ja käyttökelpoiseksi. Kipsikopion tekeminen on hidasta ja työlästä, mutta kaiken lisäksi kopiota tehdessä muodot muuttuvat aina hieman. Jos saamme LunaPurin pinnan kestävämmän kuumen polypropeenimuovin alla, saamme valmistusprosessin työvaiheita vähennettyä ja lainerin istumaan tiiviisti ortoosirungon sisälle.

##### 4.1.1 Kombi-lainerin valmistus LunaPurista

Kombi-lainerin valmistuksen ensimmäinen työvaihe oli iltin tekeminen. Teimme sen 2mm vahvuisesta LunaPurista. Teimme useamman iltin kipsin päälle, jotta pystyisimme havainnoimaan, mikä on optimaalinen uunissaoloaika ja lämpötila 2mm:n vahvuiselle levyille sekä miten materiaali käyttäytyy uunissa. Tarkkailimme muovilevyn lämpötilaa infrapunalämpömittarilla levyn ollessa uunissa sekä muovinvedon jälkeen jäähtymisvaiheessa. Havaitimme, että parhaaseen tulokseen pääsimme Orthonovan kiertoilmauunin ollessa 120 °C ja pitämällä levyä uunissa 3 minuuttia ja 30 sekuntia. Käänsimme levyä uunissa kolme kertaa, jotta levy lämpenisi tasaisesti. Lisäksi

suoritimme siihen muodostuvia ryppyjä. Materiaali tuntui elastiselta vedettäessä kipsin päälle ja se muotoutui tiiviisti kipsin ympärille. Muovinvedon jälkeen havaitsimme pinnan olevan kiiltävä ja vahvuuden hiukan ohentunut. LunaPurin jäähtyttyä muotoilimme siitä iltin ja kiinnitimme sen kipsiin kaksipuolisella teipillä, jotta se pysyisi paikallaan lainerin valmistusvaiheessa.

Päätimme tehdä Kombi-lainerin 4mm vahvuisesta LunaPur-muovilevystä. Pidimme 4mm:n vahvuista LunaPuria 110 °C uunissa 2 minuuttia valmistajan ohjeen mukaan (nora systems GmbH 2016 A). Huomasimme kuitenkin, että LunaPur oli liian jähmeää. Emme saaneet puristettua LunaPuria tarpeeksi tiiviisti imuputken ympärille, minkä seurauksena kipsin muodot eivät kopioituneet tarkasti LunaPuriin. Toisella kokeilukerralla nostimme uunin lämpötilaa 120 celsiusasteeseen. LunaPur oli lämmennyt sopivan elastiseksi, joten alipaine muovasi LunaPurin erittäin tiiviisti kipsin päälle (Kuvio 4). LunaPuria uunitettaessa hyvänä apuna koimme infrapunalämpömittarin, jolla pystyimme seurata Lunapurin pintalämpöä. Paras muovautuvuus LunaPurille saatiin kun sen pintalämpö oli noin 100°C. LunaPuria irrottaessa kipsin päältä huomasimme kuitenkin puuvillasukan tarttuneen LunaPurin sisäpintaan. Sukan sai vedettyä muovista irti, mutta sukan neuloskuvio kopioitui erittäin tarkasti LunaPuriin ja muodosti voimakkaan nyppyläisen pinnan lainerin sisäpinnalle.



Kuvio 4. LunaPurisen Kombi-lainerin valmistus: muovinveto

Seuraavalla kokeilukerralla Orthonovan ehdotuksen myötä vaihdoimme puuvillasukan ohueen nylonsukkaan, jotta lainerin sisäpinnalle ei muodostuisi niin selkeää ja karheaa pintaa. Ohut sukka jätti sisäpinnalle selvästi kevyemmän ja sileämmän pinnan kuin paksuumpi puuvillasukka. Ohut sukka oli muovinvedon aikana mennyt joiltain osin pienesti

päällekkäin (Kuvio 5). Sisäpinta ei kuitenkaan tuntunut epämiellyttävältä ja se vaikutti käyttäjäystävällisemmältä kuin puuvillasukasta aiheutunut pinta.



Kuvio 5. Ohut nylonsukka rypytyy herkästi muovinvedossa ja jättää jäljen Kombi-laineriin

#### 4.1.2 Ortoosirungon valmistus muovinvedolla propyleenistä

Kombi-lainerin onnistuttua lähdimme selvittämään, kestäkö Kombi-lainerin pinta kuuman polypropeenin vedon. Valmistelimme kipsin ja sen päällä olevan Kombi-lainerin muovinvetoa varten laittamalla siihen ohuen nylonsukan, joka edesauttaisi ilman kulkemista imussa.

Ensimmäiseksi teimme muovinvedon 2mm vahvuisesta polypropeenistä Kombi-lainerin päälle. Kombi-lainerin päällä ollut sukka ei jäänyt polypropeeniin kiinni, mutta tarttui kauttaaltaan Kombi-lainerin pintaan (Kuvio 6). Ainoastaan poikittaiskaaren tuennan kohdalta sukka ei ollut sulanut kiinni. Kokeilimme irrottaa sukkaa vetämällä ja repimällä. Sukka irtosi joiltain kohdin, kun käytti tarpeeksi voimaa, mutta pahimmin sulaneilta alueilta LunaPur oli sulkenut sukan vahvasti kiinni itseensä. Yritimme irrottaa sukkaa kuumailmapuhallinta käyttäen, mikä pehmensi LunaPuria sen verran että sukkaa sai nyhdettyä irti. Tämä oli todella hidasta, eikä lainerin pinnasta tullut lainkaan siistiä.



Kuvio 6. Kahdessa ylimmässä kuvassa nylonsukat tarttuivat lainereihin tiukasti ja rumasti kiinni. Alakuvassa valkoista nylonsukkaa on yritetty irrottaa lainerin päältä siinä onnistumatta

Testasimme useita vaihtoehtoja, joilla pyrimme estämään sukan tarttumisen Kombi-laineriin. Kokeilimme erilaisia sukkaa, Coroplast PVC -teippiä, valukalvoa ja näiden yhdistelmää.

Orthonovalla käytetään Coroplast PVC -teippiä ortoosien pehmusteiden suojelemisessa kutistumiselta valun aikana. Pehmusteiden päälle kierretään teippiä, mikä hieman estää pehmustemateriaalin painumista kasaan lämmön ja paineen alla muovinvedossa. Teippi ei reagoi muovin kuumuuteen ja lähtee muovinvedon jälkeen helposti irti pehmusteesta. Teipin monipuolisten sovellusmahdollisuuksien vuoksi päätimme kokeilla teippiä myös LunaPurin suojelemiseen. Polypropeenin vedon jälkeen sukka lähti heti pois lainerin päältä ilman minkäänlaista tarttumista. Teippikin irtosi helposti LunaPurin pinnalta jättämättä tahmaista pintaa. Kombi-lainerin pinnasta tuli kiiltävä, mutta, kuten kuviosta 7 on nähtävillä, teipin saumojen rajat tulivat näkyviin vahvasti. Lisäksi sukan neuloskuvioko-  
pioitui lainerin pintaan. Teippiä oli hankala saada rypyttömästi Kombi-lainerin ympärille

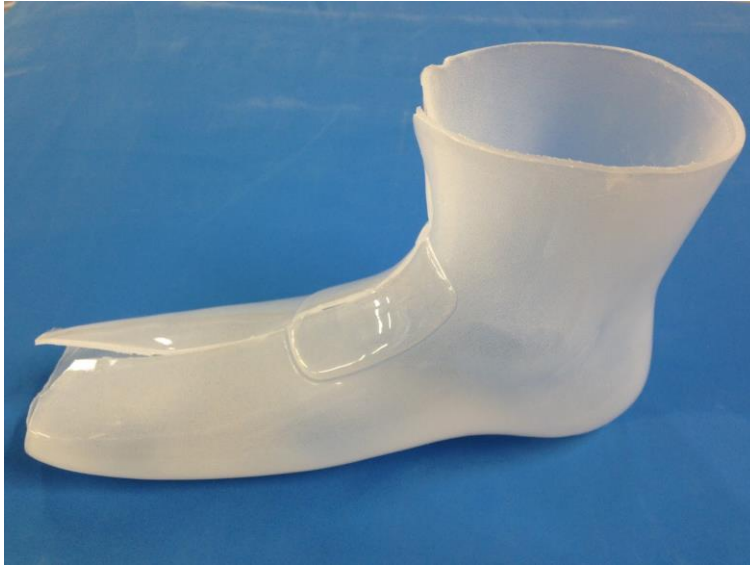
sen muodoista johtuen. Muovinvedon jälkeen kohdat, joihin oli jäänyt teipin alle ilmaa, näkyivät kirkkaampina kuin muut alueet.



Kuvio 7. Coroplast PVC -teippi jätti laineriin teipin saumarajat, mutta lähti helposti irti

Koska Coroplast PVC -teippiä käyttämällä emme saaneet Kombi-laineriin siistiä pintaa vaan teipin saumat kopioituivat, pohdimme valukalvon käytön mahdollisuutta. PVA-valukalvo suojelisi Kombi-laineria ja kalvon pinta olisi yhtenäinen, joten Kombi-laineriin ei tulisi saumojen rajoja. Valukalvo voisi kestää myös polypropeenin vedossa vaadittavan lämpötilan, sillä valukalvoa käytetään märkävaluissa, joissa lämpötilat nousevat kuumimmillaan yli 100 °C.

Valukalvo kesti polypropeenin vedon ja piti Kombi-lainerin pinnan siistinä (Kuvio 8), mutta ongelmia aiheutui negatiivisten muotojen kohdilla. Imu ei jaksanut vetää muovia tiiviisti negatiivisten muotojen pohjille asti, joten poikittaisholvikaaren tuennan ja malleolien kohdilta polypropeeni jäi väljäksi, minkä vuoksi polypropeeninen ortoosirunko oli käyttökelpoton. (Kuvio 9)



Kuvio 8. Valukalvo piti lainerin siistinä



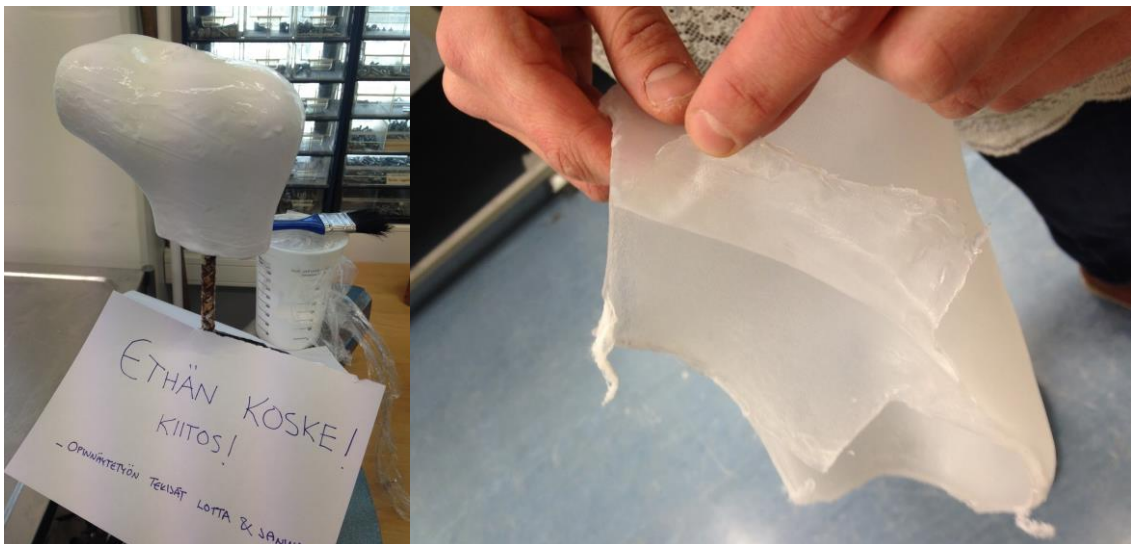
Kuvio 9. Polypropeeninen ortoosirunko on käyttökeltoton. Valukalvon takia poikittaiskaari ja malleolien kohdat eivät ole painuneet tiiviisti kipsin muotojen mukaan

Valukalvon käyttäminen voisi onnistua, jos saisimme imun aikaiseksi myös valukalvon alle ja samaan aikaan polypropeenin vetämiselle. Tämäkään ei toimisi, sillä jotta valukalvon alle saadaan hyvä imu, olisi lainerin ja kalvon väliin laitettava sukka, jonka avulla ilma pääsisi vapaasti kulkemaan. Sukka sulaisi kiinni laineriin heti kun kuuma polypropeeni vedettäisiin sen päälle. Ainoa mahdollisuus onnistua olisi, jos muovi jaksaisi painautua valukalvosta huolimatta negatiivisten muotojen pohjalle asti.

Valukalvo suojeli lainerin pintaa ja jätti tasaisen pinnan laineriin, jonka vuoksi mietimme olisiko jotain levitettävää tai suihkutettavaa ainetta, joka pysyisi tiiviinä kalvona lainerin



pinnalla ja suojaasi laineria sukan tarttumiselta. PVA-valukalvot ovat vesiliukoista polyvinyylialkoholi-muovia, joka kestää kuumuutta. Kalvon materiaali, PVA -kirjainyhdistelmä nosti mieleen puuliimat ja tavalliset askarteluliimat, jotka ovat PVA-kalvojen lailla vesiliukoisia. Askarteluista ja puutöistä mieleen on jäänyt, kuinka liiman kuivuttua käsiin sen voi repiä kalvona irti ihosta. Puuliimojen materiaali on PVAc, polyvinyyliasetaatti, mutta ajatuksesta innostuneena teimme pienelle LunaPur -palaselle testauksen. Liiman kuivuttua totesimme, että liimakalvo lähtee erittäin helposti LunaPurin päältä. Teimme toisen testin, jossa samanlaista liimattua testipalaa kuumensimme kuumailmapuhaltimella eikä liima reagoinut merkittävästi kuumuudelle. Otimme pienen jalkakipsin, jonka päälle teimme lainerin. Sivelimme lainerin pintaan pensselillä Eri keeper -askarteluliimaa (Kuvio 10). Kahden liimakerroksen kuivuttua teimme muovinvedon lainerin päälle. Polypropeeniin kopioitui kipsin negatiiviset muofot ja liima oli estänyt sukan tarttumisen laineriin. Liimakalvokin lähti helposti irti lainerin päältä (Kuvio 10).



Kuvio 10. Liimankalvon täytyi antaa kuivaa hyvin ennen muovinvetoa. Muovinvedon jälkeen liimakalvo oli irroitettavissa lainerista.

Testausten onnistuttua päätimme kokeilla liimakalvoa oikean Kombi-lainerin päälle. Ensimmäisessä vaiheessa ohensimme liimaa vedellä saadaksemme ohuemman liimakalvon. LunaPurin pinta hylkii liimaa ja ohuempi liima pakeni helpommin LunaPurin pinnalla, jonka seurauksena liimausalueelle muodostui reikiä. Koska liima on kuivuessaan väriltöntä, on hankalaa nähdä, missä kohdin liimaa on ohuelti tai ei ollenkaan. Polypropeenin vedon jälkeen havainnot vaikuttivat lupaavilta. Liimakalvo irtosi helposti ja sukka oli tarttunut Kombi-laineriin kiinni vain kohdista, mistä liima oli paennut (Kuvio 11).



Kuvio 11. Täysimittaisessa liimakalvotestissä liimakalvo irtosi hyvin. Liimakalvoon jäi pieniä reikiä, minkä vuoksi sukka tarttui osittain kiinni laineriin. Kiinnityskohdat näkyvät pieninä valkoisina alueina

Teimme uuden kokeilun, jossa emme ohentaneet liimaa, vaan sekoitimme siihen väriainetta, jotta reikiintymiskohdat oli helpompi havaita. Näin toista liimakerrosta levitettäessä oli helpompi nähdä missä liimaa ei vielä ollut. Muovinvedon jälkeen liimakalvo oli helposti irrotettavissa Kombi-lainerista (Kuvio 12). Kombi-lainerin pintaan oli kopioitunut kevyesti sukan neuloskuvio ja liimakalvon paksuuden epätasaisuudet. Ainoastaan poikittaiskaaren kohtaan ja malleolien ympäristöön ei ollut kopioitunut jälkiä, vaan nämä kohdat olivat tasaisia. Syynä tähän voi olla, että imun voima ei riitä painamaan muovia negatiivisten eli kuopalla olevien muotojen pohjalle asti yhtä voimakkaasti, kuin positiivisten muotojen pinnalle. Siksi sukan kuvio painaudu yhtä selkeästi kaikkiin kohtiin.



Kuvio 12. Liimanvärjäys helpotti liimattomien kohtien havaitsemista, siksi sininen liimakalvo oli yhtenäinen. Liimakalvo irtosi ehjänä Kombi-lainerin päältä.

#### 4.2 Ortoosirungon valmistus märkälaminointimenetelmällä

Teimme hartsivalun LunaPurista tehdyn Kombi-lainerin päälle. Tarkoituksena oli havainnoida, kuinka Kombi-laineri ja iltti kestävät hartsivalun sekä millainen Kombi-lainerin pinnasta tulee. Laitoimme kalvon suoraan Kombi-lainerin päälle ja tämän päälle kaksi kerrosta perlonsukkaa. Hiilikuiduista laitoimme vahvikkeita sivuille, kantapään alueelle ja pohjaan. Vahvikkeiden päälle laitoimme perlonsukkaa ja lycrasta ommellun kangasputken sekä päällimmäiseksi toisen valukalvon. Teimme hartsivalun ja hartsin kuumentuessa tarkkailimme lämpötiloja infrapunalämpömittarilla ja havaitsimme, ettei lämpötila

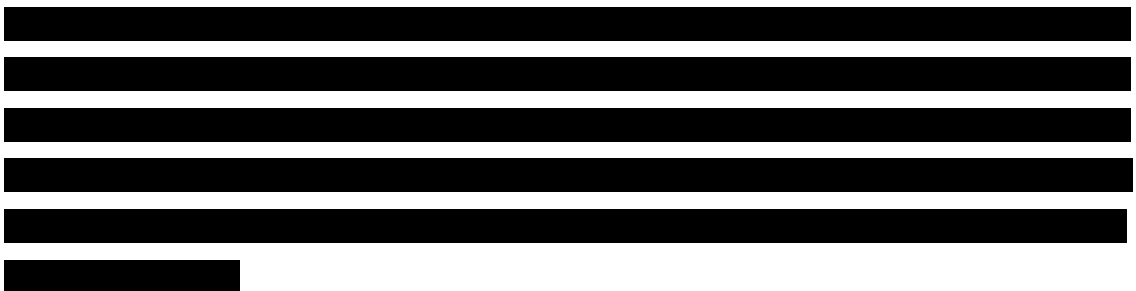
noussut ortoosin alueella kuumenemisvaiheessa yli 50 asteeseen. Jäähdytysvaiheen jälkeen purimme valun ja havaitsimme Kombi-lainerin kestäneen märkälaminointiprosessin. Yllätyimme kuinka matalaan lämpöön ortoosirungon alue kuumentyi. Matalan lämpötilan vuoksi myös LunaPur kesti prosessin, sillä LunaPurin optimaalinen lämpömuokkaus lämpötila testiemme mukaan on 100 °C. Lainerin pinta oli pysynyt samanlaisena kuin se oli ennen märkälaminointia (Kuvio 13).



Kuvio 13. Märkälaminointi ei vahingoittanut Kombi-laineria

#### 4.3 FlexiPodin valmistus

Poistettu yhteistyötahon pyynnöstä.



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]



[REDACTED]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

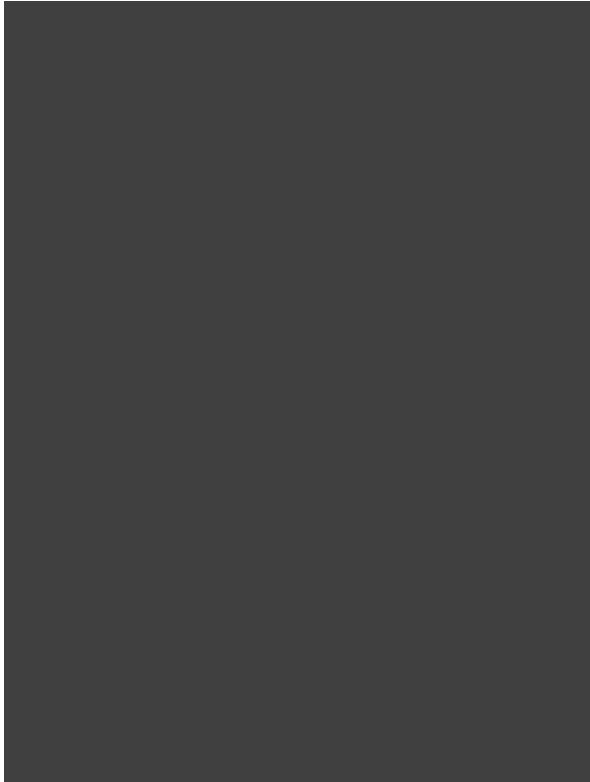
[Large redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted line of text]

[Redacted line of text]

[Redacted line of text]

[Redacted line of text]

[Redacted line of text]

[Redacted line of text]

[Redacted line of text]



[Redacted line of text]



#### 4.4 Valmistuskokemuksia ja vinkkejä LunaPurin käyttöön

Lunan ollessa levyateriaalina sen pinta on hieman likaisen ja nuhjuisen näköinen. Uunissa pinta kuitenkin kirkastuu ja kaikki nuhjuisuus katoaa. Poikkeuksena tähän kuitenkin on, jos LunaPurin pinnassa on kolhu, se ei katoa uunissa ollessaan. Kun Lunan vetää alipaineessa kipsin päälle, kipsin päällä olevan sukan neulekuvio kopioituu Lunan sisäpintaan, minkä seurauksena läpinäkyvä ominaisuus katoaa ja LunaPurista tulee väriltään samea. Pinta kuitenkin pysyy kiiltävänä ja sileänä.

Käsittelimistämme LunaPurin levyvahvuuksista haastavin oli kaksimillimetrinen. Kyseistä levyvahvuutta lämmitettäessä havaitsimme jokaisella kerralla sen lämpenevän epätasaisesti ja muuttuvan aaltoilevaksi aina puolentoista minuutin kohdalla. Oletimme levyn reunojen aaltoilun ja kupruilun johtuvan levyn epätasaisesta lämpenemisestä. Päädyimme kääntämään levyä uunissa kolme kertaa aina samoilla kellonlyömillä. Ensimmäinen kääntö suoritettiin levyn oltua uunissa 1 minuutin, toinen kääntö 1 minuutin ja 30 sekunnin jälkeen ja kolmas 2 minuutin ja 15 sekunnin kohdalla. Lisäksi 3 minuuttia uunissa oltuaan suoritimme muovilevyä vetämällä reunoista. Kokonaisuudessaan LunaPur oli uunissa 3 minuuttia 30 sekuntia. Mikäli levyä ei uunissa käännetty, se lämpeni epätasaisesti, minkä vuoksi kuumimmat kohdat painuivat kiinni uunilevyn pintaan. Tämän seurauksena muoviin kopioitui paikoittain uunilevyn Teflon-pinnoitteen kuvio. Levyn kääntämiset ja kolmannen käännon jälkeinen suoristus auttoivat tasaisen pinnan aikaansaamisessa. 4 mm:n vahvuinen levy ei kupruillut samalla tavoin, kuin 2 mm:n muovilevy, joten 4 millimetristä LunaPuria lämmittäessämme emme sitä kääntäneet.

LunaPuria lämmitettäessä kannattaa olla uunin lähellä ja seurata levyn lämpenemistä. Tasaisen lämpenemisen takaamiseksi levyä on hyvä käänellä lämpenemisprosessin aikana. Lämmitimme LunaPuria Orthonovan ja koulun kiertoilmauuneissa. Uunien keskinäiset erot vaikuttivat paljon LunaPurin uunissaoloaikaan. Jokaisen täytyykin löytää oman uuninsa mukaiset lämmitysajat LunaPurille. Parhaaksi tavaksi varmistua LunaPurin "kypsydestä" koimme infrapunalämpömittarin. Testiortooseja tehdessämme totesimme LunaPurin olevan helppo käsitellä ja tarpeeksi joustava alipaineella muokattavaksi kun pintalämpönä oli 90–110 °C.

Testeissämme LunaPurin pintalämpö ei noussut yli 110 °C. Näissä lämpötiloissa LunaPur on notkeaa, mutta ei valuvaa. Mielenkiintoista olisi nähdä, muuttuuko LunaPur

suuremmissa lämpötiloissa valuvaksi ja vaikeasti käsiteltäväksi. Näin olisimme löytäneet pintalämpötilan raja-arvot, joiden rajoissa LunaPur on optimaalisimmillaan työstää.

LunaPuria uunissa lämmittäessämme huomasimme levyjen kutistuvan levyn pituus-suunnassa eli valssaussuunnassa ja kasvavan toisessa suunnassa. Esimerkiksi 2mm:n muovista leikkaamamme pala oli kylmänä 11cmx36cm, mutta kolme minuuttia uunissa oltuaan sen koko oli 6cmx56cm. Teimme 4mm:n vahvuiselle levylle kutistumatestin. Leikkasimme levyistä 100 mm kertaa 100 mm kokoiset palat ja lämmitimme sitä 120 asteisessa uunissa. 4 minuutin kuluttua levy oli kutistunut valssaussuunnassa 10 mm ja toisessa suunnassa kasvanut 5 mm. Levy vaikuttaisi muuttavan muotoaan lämmön vaikutuksesta: kutistuvan valssaussuunnassa ja kasvavan leveyssuunnassa. Mittalukemat eivät ole täysin tarkkoja, sillä levy kutistui ja kasvoi epätasaisesti; levy ei säilyttänyt suorita linjoja, vaan reunat muuttuivat aaltoileviksi. Tämän vuoksi tarkkoja prosentteja kutistumisesta ei voida laskea. Tärkeintä on kuitenkin tiedostaa levyn eläminen lämmön vaikutuksen alla ja huomioida tämä levyä leikatessa ottamalla tarpeeksi työvaroja muovinve-toa varten.



## 5 Tulosten yhteenveto

Testauksiemme perusteella LunaPurista voidaan valmistaa käytössä olevilla tekniikoilla ja laitteilla FlexiPod sekä Kombi-laineri.

Kombi-lainerin valmistaminen LunaPurista onnistuu ongelmitta. Ongelmakohtana on sukkiin kiinnittyminen lainerin pintaan polypropeenisen ortoosirungon valmistuksessa. Lainerin pintaa voi suojella käyttämällä PVAc askartelu- tai puuliimaa, esimerkiksi Eri Keeperiä. LunaPur hylkii liimaa, jonka vuoksi liima pakenee lainerin pinnalta jättäen aukkoja liimakalvoon. Näihin aukkoihin sukka tarttuu kiinni, minkä vuoksi on suositeltavaa levittää kaksi liimakerrosta. Jotta liimakalvon aukot olisi helpommin havaittavissa, liiman joukkoon voi sekoittaa väriainetta. Hartsiseoksen värjäykseen käytetyt väripastat toimivat liimaseoksessa. Taulukoissa 4 ja 5 on koottuna lainerin valmistuksen ja sen suojelemisen työvaiheet sekä niiden onnistumiseen ja epäonnistumiseen johtaneet menetelmät.

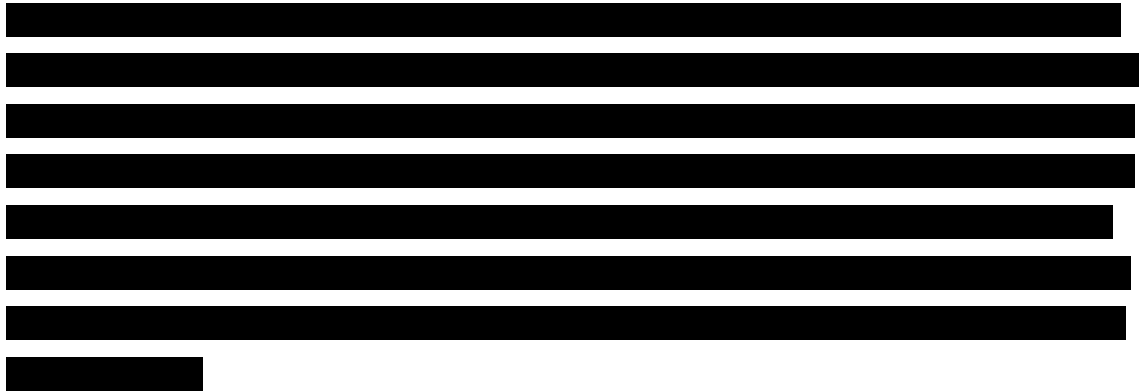
Taulukko 4. Kombi-lainerin valmistus

| Työvaihe           | Toimiva ratkaisu   | Epäonnistumiseen johtaneet syyt   |
|--------------------|--|---|
| Iltin valmistus    | -2 mm LunaPur 3,5 minuuttia 120 °C uunissa.<br>- Levyä tulee kääntää uunissa ollessaan tasaisen lämpenemisen varmistamiseksi | - kun LunaPur levy lämpenee epätasaisesti, uunin levyn kuvio voi osittain kopioitua LunaPurin sen pintaan |
| Lainerin valmistus | - 4mm LunaPur 3,5min 120 °C uunissa<br>-LunaPurin pintalämpötila 90-110 °C<br>- kipsin päällä ohut nylonsukka                | - liian paksu sukka, tekee lainerin sisäpinnasta karkeakuvioisen  |

Taulukko 5. Lainerin suojausmenetelmät


| Lainerin suojausmenetelmä polypropeenin alla | Toimiva ratkaisu                            | Epäonnistumiseen johtaneet syyt   |
|--|---|---|
| Sukka  |   | - kaikki sukat paksuudesta riippumatta sulavat kiinni LunaPuriin<br>- Sukkaa voi yrittää repiä irti, mutta jäljestä ei tule siistiä |
| Coroplast-PVC -teippi                        | - teippi pitää sukan irtonaisena lainerista | - teipin rajat kopioituvat selkeästi LunaPurin pintaan  |
| PVA-valukalvo                                | -laineri pysyy erittäin siistinä            | - kalvon vuoksi negatiiviset muodot eivät muotoutuneet ortoosirunkoon.<br>- Ortoosirunko on käyttökelvoton                          |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Liima-kalvo | <ul style="list-style-type: none"> <li>- kaksi kerrosta liimaa</li> <li>- väriaine helpottaa liimakalvon reikien havaitsemista</li> <li>- liimakalvo irtoaa siististi LunaPurista</li> <li>- Laineri ja ortoosirunko säilyvät siisteinä</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- liiman ohentaminen vaikeuttaa sen levittämistä</li> <li>- pinta hylkii liimaa, joten liima pyrkii pakenemaan LunaPurin pinnalta</li> <li>- Liimakalvon epätasaisuudet kopioidutuvat lainerin pintaan</li> </ul> |
|-------------|--|--|



Taulukko 6. FlexiPodin valmistus

| Flexipodin valmistus | Toimiva ratkaisu | Epäonnistumiseen johtaneet syyt |
|----------------------|------------------|---------------------------------|
| [Redacted]           | [Redacted]       |                                 |
| [Redacted]           | [Redacted]       |                                 |
| [Redacted]           | [Redacted]       | [Redacted]                      |
| [Redacted]           | [Redacted]       | [Redacted]                      |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

## 6 Pohdinta

Opinnäytetyömme tavoitteena oli selvittää, voiko Orthonova käyttää LunaPur M EVAa ortoosien rakennusmateriaalina. Käytännön testauksissa keskityimme selvittämään, onko kyseisestä materiaalista mahdollista valmistaa FlexiPod-ortoosi ja Kombi-laineri jäykän ortoosirungon sisälle. Asetettuihin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaus käytännön kokeiluissa. Testauksissa selvisi, että molemmat tuotteet on mahdollista valmistaa LunaPurista. Muovivedossa havaitut komibilainerin pintaan liittyvät ongelmat ratkaistiin ja sukan tarttumien Kombi-lainerin pintaan estettiin sivelemällä Eri Keeper -yleisliimasta liimakalvo Kombi-lainerin pintaan. Kombi-lainerin pintaan kopioitui kuitenkin liimakalvon epätasaisuudet, eikä täydellisen kiiltävää ja tasaista pintaa tälläkään keinolla ollut mahdollista saada. Epätasaisella pinnalla ei kuitenkaan ole merkitystä käytettävyyteen, vaan se on ainoastaan kosmeettinen asia.

Kombi-lainerin valmistusvaiheessa voisi myös selvittää, voisiko liimakalvon sijasta käyttää jonkinlaista sprayta Kombi-lainerin suojelemiseksi. Selvitimme markkinoilta löytyvän suihkutettavaa PVA-sprayta, jonka käyttömahdollisuutta jäimme pohtimaan. Smooth-on -sivuston (2016) mukaan PVA-sprayta käytetään muottien suojelemiseksi. Esimerkiksi kipsipositiivi voidaan päällystää kyseisellä aineella, jonka seurauksena nestemäiset muovit, kuten hartsit eivät imeydy kipsiin sisään. Spray kestää jopa 260 °C kuumuuden. (Smooth-on 2016.) Kuumankeston vuoksi se voisi toimia myös LunaPurin suojeluai-neena kuuman polypropeenin alla. Tämä vaatisi kuitenkin jatkotestejä. PVA-sprayn käyttö voisi myös nopeuttaa valmistusprosessia, sillä liimakalvoa tehdessä Kombi-lainerin päälle liiman täytyy olla täysin kuivunut ennen kuin sen päälle voidaan tehdä muovin-veto polypropeenistä. Liimakalvo on myös haastavaa saada tasavahvuiseksi, minkä vuoksi laineriin jää epätasainen pinta. PVA-spraytä suihkuttamalla ortoosin pintaan, siitä voisi saada nopeasti kuivuvan, kestävän ja tasavahvuisen suojakalvon vaihtoehdoksi liimakalvolle.

FlexiPodin valmistaminen LunaPurista on mahdollista ongelmitta. Ensimmäisen FlexiPodin valmistamisessa dorsaalinen sukka jäi kiinnittymättä, koska laitoimme kipsin uuniin varpaat alaspäin, eikä painovoima näin ollen auttanut dorsaalisen sukan kiinnittymiseen. Pintasukka sulautui täysin LunaPurin sisään. Toisen testiortoosin valmistuksessa käänsimme kipsin varpaat ylöspäin, jolloin dorsaalinen sisäsukka sulautui kokonaisuudessaan muovin sisään. Pintasukkana käytimme paksua verkkosukkaa, joka kiinnittyi LunaPuriin, mutta osa sukasta ei koko paksuudeltaan sulautunut muovin sisälle vaan jäi

samettisena LunaPurin pinnalle. Mikäli kipsi laitetaan uuniin varpaat ylöspäin ja pintasukkana käytetään ohutta sukkaa, saataisiin FlexiPodin sukat kauttaaltaan imeytymään muovin sisään.

Koska LunaPurista on mahdollista valmistaa Kombi-lainereita ja FlexiPod -ortooseja, se soveltuu vaihtoehdoksi Orthonovan käyttämälle Streifyflex-muoville. Streifyflexiä valmistetaan monessa eri värissä, mutta LunaPuria on vain läpikuultavana. FlexiPodin valmistuksessa LunaPuria on mahdollista elävöittää käyttämällä erivärisiä ja -kuviollisia sukkia.

Testit materiaalin toimivuudesta asiakaskäytössä FlexiPodissa ja jäykän ortoosirungon sisällä Kombi-lainerina olisivat tarpeen, jotta saataisiin lisätietoa materiaalin kestäväydestä ja asiakkaiden tyytyväisyydestä. Mietimme myös materiaalin soveltuvuutta käsi-proteesien tai ranneortoosien materiaaliksi, josta materiaalista kiinnostunut opiskelija voisi saada mielenkiintoisen opinnäytetyön aiheen.

## Lähteet

Atula, Sari 2015. Aivohalvaus (aivoinfarkti ja aivoverenvuoto). Lääkärikirja Duodecim. Verkkodokumentti. <[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artik-keli=dlk00001](http://www terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artik-keli=dlk00001)> Luettu 30.9.2016

Bruckner, Jan – Edelstein, Joan 2002. Orthotics, a comprehensive clinical approach. Usa Thorofare: Slack incorporated.

Del Bianco, James – Fatone, Stefania 2008. Comparison of Silicone and Posterior Leaf Spring Ankle-Foot Orthoses in a Subject with Charcot-Marie-Tooth Disorder. Journal of orthotics and prosthetics 20 (4). 155-162. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.oandp.org/jpo/library/2008\\_04\\_155.asp](http://www.oandp.org/jpo/library/2008_04_155.asp)> Luettu 18.3.2016

Dieli, John – Ayyappa, Edmond – Hornbeak, Scott. 1997. Effect of dynamic AFOs on three hemiplegic adults. Journal of orthotics and prosthetics. 2 (9). 82-89. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.oandp.org/jpo/library/1997\\_02\\_082.asp](http://www.oandp.org/jpo/library/1997_02_082.asp)> Luettu 4.5.2016

Dorset Orthopaedic 2015 . Silicone Ankle Foot Orthosis SAFO ®. Esite. UK : Dorset Orthopaedic. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.dorset-ortho.com/wp-content/uploads/SAFO-Brochure-June-2015.pdf>> Luettu 18.3.2016

Farley, Jeremy 2009. Controlling drop foot: Beyond standard AFOs. Verkkodokumentti. <<http://lrmagazine.com/article/controlling-drop-foot-beyond-standard-afos>> Luettu 23.9.2016

Hylton, Nancy. 1989. Postural and functional impact of dynamic AFOs and FOs in a pediatric population. Journal of Prosthetics and Orthotics 1 (2). 40–53. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.oandp.org/jpo/library/1990\\_01\\_040.asp](http://www.oandp.org/jpo/library/1990_01_040.asp)> Luettu 4.5.2016

Hylton, Nancy 2000. Dynamic Orthotic Concepts: Background and experiences. Dortmund: Verlag Orthopädie-Technik.

Jokinen, Tapani 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto.

Lassila, Kyösti 2012. Streifyflex™-muovin soveltuvuus alaraajaortotiikkaan : edullinen vaihtoehto SAFO®-ortoosille?. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. <<https://www.theseus.fi/handle/10024/49641>> Luettu 18.3.2016

Lusardi, Michelle M. – Jorge, Milagros – Nielsen Caroline C. 2013. Orthotics & prosthetics in rehabilitation. 3. painos. Missouri: Elsevier Saunders.

Muovit ja Kumit 2001. Raaka-aineskäsikirja osa 4. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto Met ja Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Muoviteollisuus ry. n.d. Muovitietoa. Verkkodokumentti <<http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/>> Luettu 30.9.2016

nora System GmbH 2016 A. Esite. Nora® LunaPur M. Verkkodokumentti. Saksa. <[http://www.nora-schuh.de/upload/Infoblatt1\\_LunaPur\\_EN\\_1000.pdf](http://www.nora-schuh.de/upload/Infoblatt1_LunaPur_EN_1000.pdf)> Luettu 20.3.2016

nora systems GmbH 2016 B. Company. Verkkodokumentti. <<http://www.nora-shoe.com/Company.Nora?ActiveID=1084>> Luettu 28.9.2016

Näslund, Annika – Tamm, Maare – Von Wendt, Lennart – Ericsson, Ann Kristin. 2003. Dynamic ankle-foot orthoses as a part of treatment in children with spastic diplegia- parents perceptions. *Physiotherapy Research International* 8 (2). 56-68. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pri.273/abstract>> Luettu 3.5.2016

Orthonova tuotekuvasto. 2016. Tuotekuvasto. Helsinki: Orthonova Oy.

Ottobock HealthCare GmbH n.d. Materials: Thermoplastics in orthopedic technology. <<https://professionals.ottobockus.com/media/pdf/646D300-GB-03-1401w.pdf>> Luettu 4.10.2016

Seppälä, Jukka 2005. Polymeeritekniologian perusteet. Otatieto.

Smooth-on 2016. Universal Mold Release -tuoteseloste. Verkkodokumentti <<https://www.smooth-on.com/products/universal-mold-release/>> Luettu 5.4.2016

Sorsa, Jouni 2015. Materiaalitekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Streifeneder n.d. Materials and Equipment. Tuotekuvaus. Verkkodokumentti. <[https://www.streifeneder.com/downloads/o.p.flyer\\_300w68\\_e\\_streifyflex\\_color.pdf](https://www.streifeneder.com/downloads/o.p.flyer_300w68_e_streifyflex_color.pdf)> Luettu 27.9.2016

Sutton, Ron 1990. Thermoplastic Elastomer (TPE) -- The TPE Ankle-Foot Orthosis and The TPE Biomechanical-Foot Orthosis. *Journal of prosthetics and orthotics* 2 (2) 164-172. Luettavissa myös osoitteessa <[http://www.oandp.org/jpo/library/1990\\_02\\_164.asp](http://www.oandp.org/jpo/library/1990_02_164.asp)> Luettu 18.3.2016

Tammela, Viljo 1989. Polymeeritiede ja muovitekniologia. Osa 3. Helsinki: Otakustantamo ja Viljo Tammela.

Van deer Wilk, Dymphy – Dijkstra, Pieter Ubele – Postema, Klaas – Verkerke, Gijsbertus Jacob – Hijmans, Juha Markus 2015. Effects of ankle foot orthoses on body functions and activities in people with floppy paretic ankle muscles: a systematic review. *Clinical Biomechanics* 30 (10). 1009-1025. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.metropolia.fi/science/article/pii/S0268003315002545?np=y>> Luettu 18.3.2016

