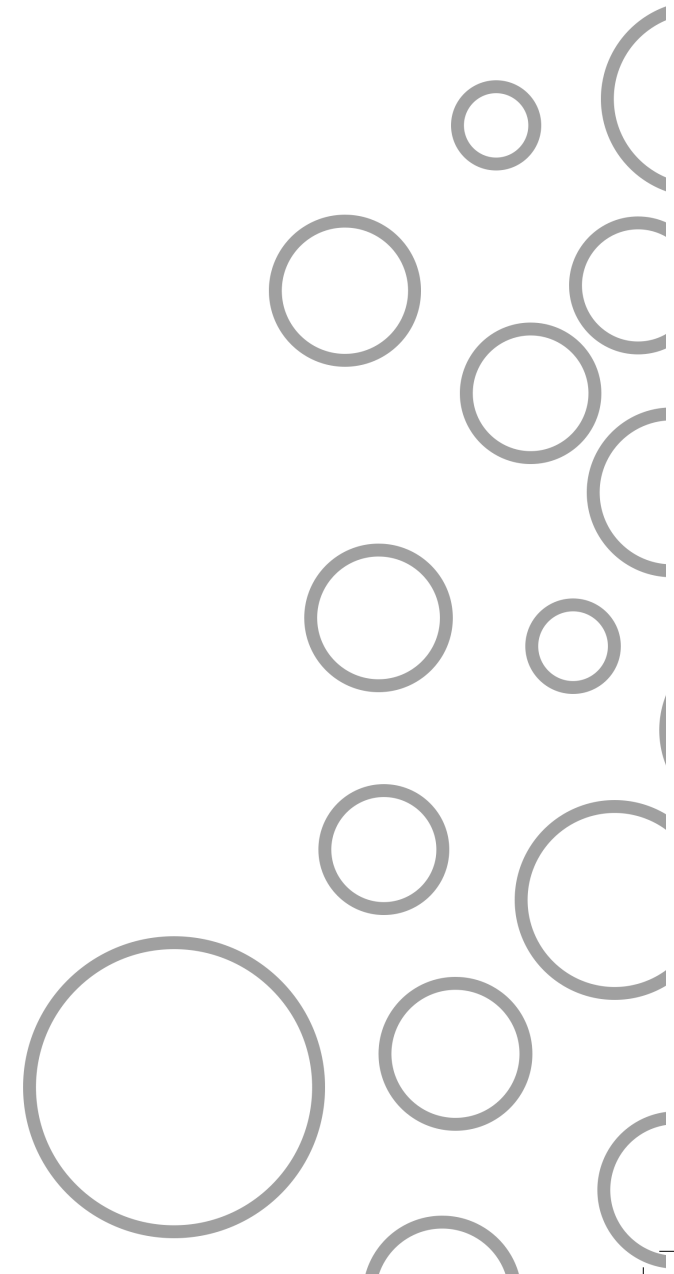


Tuomas Laakso

Turun ammattikorkeakoulu

Muotoilu | Teollinen muotoilu

# SOLUPOLYPROPEENIN (EPP) MATERIAALITUTKIMUS



# TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Muotoilu | Teollinen muotoilu 30.3.2016 | 44

Ohjaaja: Markku Seppälä

Opinnäytetyön aiheena oli materiaalitutkimus solupolypropeenista Pohjoismainen Solumuovi Oy:lle. Muurlassa toimiva Pohjoismainen Solumuovi Oy suunnittelee ja valmistaa monenlaisia laadukkaita solumuovituotteita. Materiaalivalikoimiin kuuluvat EPS (Solupolystyreeni), EPE (Solupolyeteeni) ja EPP, johon opinnäytetyö keskittyy. Solupolypropeeni on uusi materiaali, joten sen kartoitus pidettiin hyvänä opinnäytetyöaiheena.

Tutkimusmenetelminä käytettiin monia menetelmiä, kuten haastatteluja, kokeellisia tutkimuksia ja kirjallisuutta, jota oli tosin rajoitetusti, johtuen materiaalin uutuudesta.

Tutkimusmenetelmiä käyttämällä saatiin kattava paketti tietoa solupolypropeenista, sen valmistuksesta, ominaisuuksista ja hyödyntämisvaihtoehdoista. Valmistusvaiheita käydään läpi materiaalin hankinnasta aina valmiiseen tuotteeseen, joka tulee muotista ulos. Ominaisuuksiltaan EPP on monipuolinen materiaali. Se on muun muassa kevyttä ja kestää hyvin rasitusta ja kemikaaleja. Pohjoismainen Solumuovi Oy tulee mahdollisesti käyttämään opinnäytetyötä EPP-oppaana.

# ABSTRACT

Turku university of applied sciences

Design | Industrial design 30.3.2016 | 44

Supervisor: Markku Seppälä

The objective of the thesis was material research of expanded polypropylene for Pohjoismainen Solumuovi Ltd. The company is from Muurla and it produces different kind of EPP products with quality. Pohjoismainen Solumuovi Ltd produces also EPS (expanded polystyrene) products and EPE (expanded polyethylene) products. In this thesis the focus is on EPP. A research of this material seemed to be a good theme for the thesis because EPP is relatively new material.

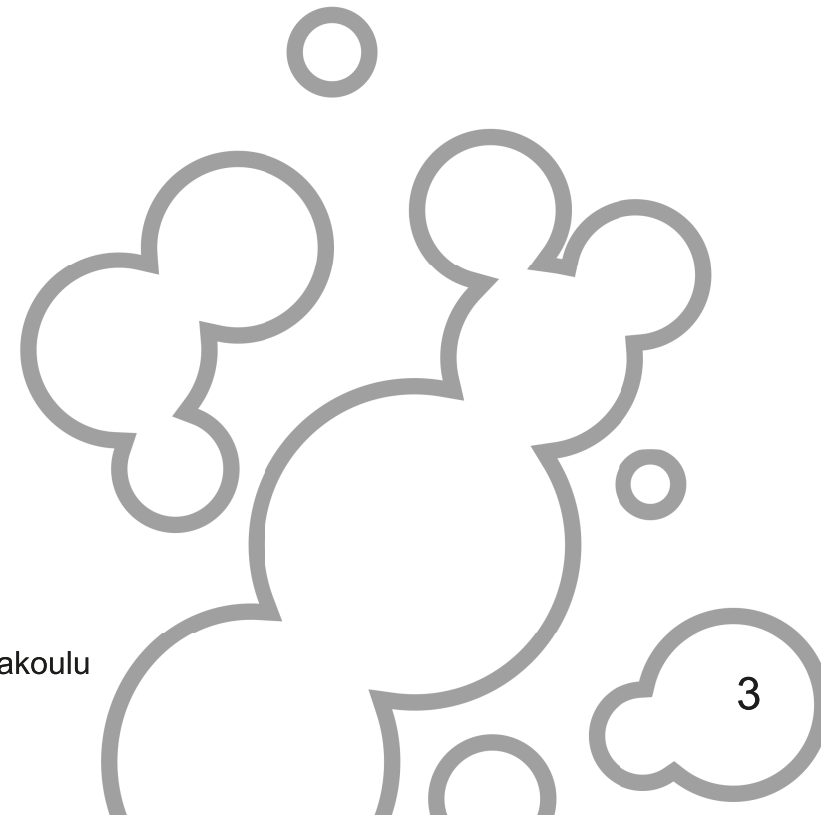
Many research methods were used such as interviews, experimental tests and literature. Because the material is new there is not much literature on it.

The result of the research process was a complete package of information about expanded polypropylene, its manufacture, properties and advantages. The manufacturing process includes everything from purchasing the materials to the finished product which comes out of the mold. EPP is very efficient material because it is light, durable and chemical resistant. Pohjoismainen Solumuovi Ltd may use this thesis as a guide for EPP.

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	4	3.3.6. Höyrytys ristiin	23
2.	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset	6	3.3.7. Autoklaavihöyrytys	24
2.1.	Toimeksianto ja tavoitteet	7	3.3.8. Jäähdytys	25
2.2.	Viitekehys	7	3.3.9. Stabilisointi	26
2.3.	Prosessikaavio	9	3.3.10. Irrutus	27
2.4.	Tutkimuskysymykset	11	3.3.11. Laadunvalvonta	28
2.5.	Menetelmät	12	3.4. Työstömahdollisuudet	29
2.5.1.	Omat kokeet	12	3.5. Tuotteet	30
2.5.2.	Benchmarking	13	4. Lopuksi	34
2.5.3.	Dokumentaarinen aineisto	13	Lähteet	36
2.5.4.	Haastattelut	13		
2.5.5.	Yritysvierailut	13		
3.	Solupolypropeeniopas	14		
3.1.	Solupolypropeeni eli EPP	15		
3.2.	EPP: n ominaisuuksia	17		
3.2.1.	Eristävyys	18		
3.2.2.	Keveys	18		
3.2.3.	Iskunkestävyys	18		
3.2.4.	Kemikaalien sieto	18		
3.2.5.	Dissipatiivisuus	18		
3.2.6.	Kelluvuus	18		
3.2.7.	Palo-ominaisuudet	18		
3.2.8.	Ympäristö ja ekologisuus	18		
3.3.	Valmistus	19		
3.3.1.	Raaka-aineen hankinta	19		
3.3.2.	Impregnointi	20		
3.3.3.	Muotti	20		
3.3.4.	Tuotantokoneessa tapahtuva prosessi	20		
3.3.5.	Muotin täyttö	22		

Solupolypropeenin (EPP) materiaalitutkimus Tuomas Laakso Turun ammattikorkeakoulu



# KUVAT

Kuva 1. Pohjoismainen Solumuovi Oy:n tehdas Muurlassa (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016b).

Kuva 2. Solupolypropeeninen äitiyspakkaus (Laakso 2015).

Kuva 3. Solupolypropeeninen äitiyspakkaus (Laakso 2015).

Kuva 4. Solupolypropeenin jrsintää (Laakso 2015).

Kuva 5. Kaksi solupolypropeeni kappaletta liimattuna yhteen (Laakso 2016).

Kuva 6. EPP-rakeita (Paul Müller 2016).

Kuva 7. Tuotantolaitoksen tilat. ( Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016).

Kuva 8. Prosessitankkeja ( Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016).

Kuva 9. Tuotantokoneita (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016).

Kuva 10. Kuumalankaleikkausta (Laakso 2016).

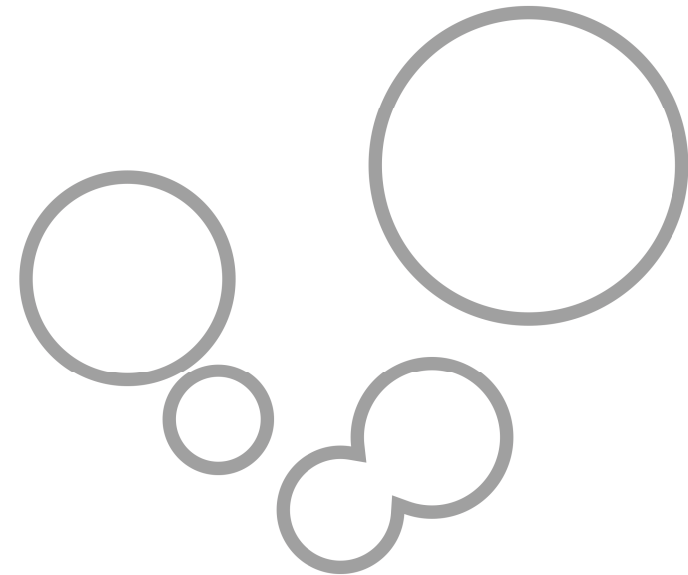
Kuva 11. Laserilla tehtyä struktuuria (groupe empreinte 2010).

Kuva 12. Kuvakollaasi Pohjoismainen solumuovi oy:n vakiotuotteista (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016a).

Kuva 13. EPP-osia autossa (Laakso 2016)(MPE Automotive industry 2016).

Kuva 14. Benchmarkingia EPP tuotteista

Kuva 15. Solupolypropeenista valmistettu keinuhevonen (Laakso 2016)(Tuote: Poropudas, J-M. 2015). 35



# KUVIOT

Kuvio 1. Prosessikaavio.

Kuvio 2. Pyramidi-malli erilaisista muoveista.

Kuvio 3. EPP:n ja EPS:n vertailua.

Kuvio 4. Muotin täyttö.

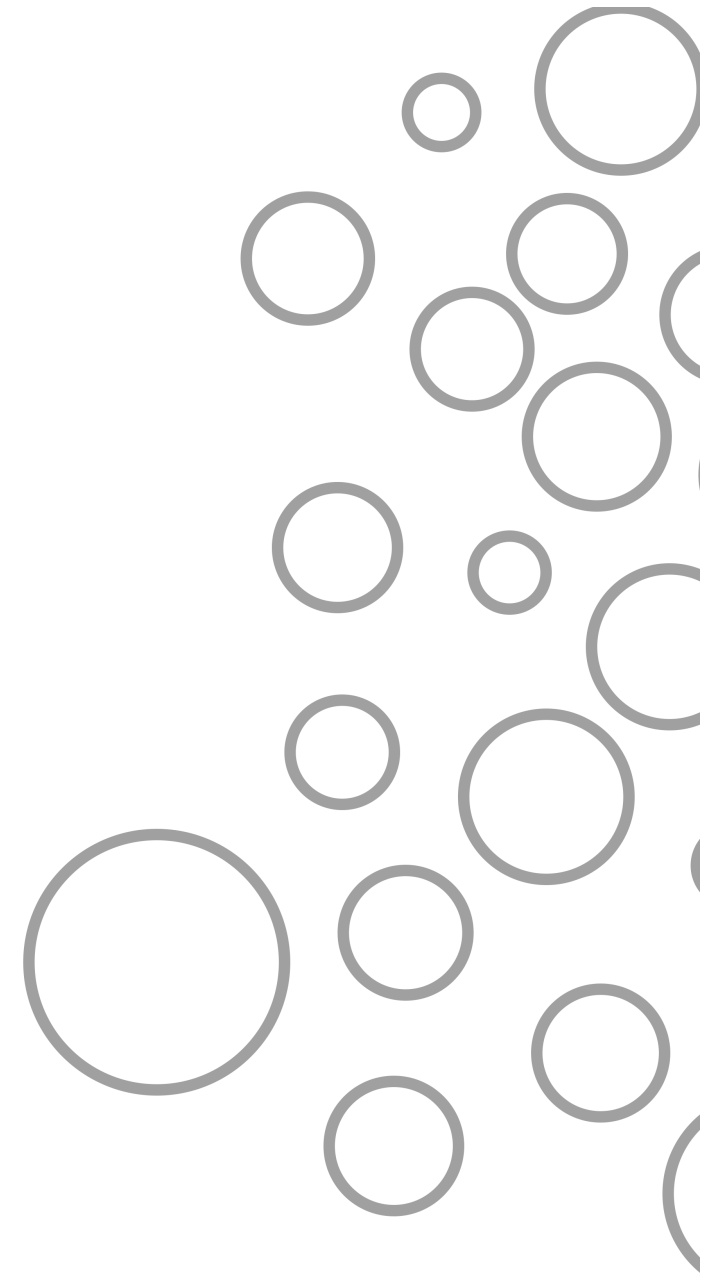
Kuvio 5. Höyrytys ristiin.

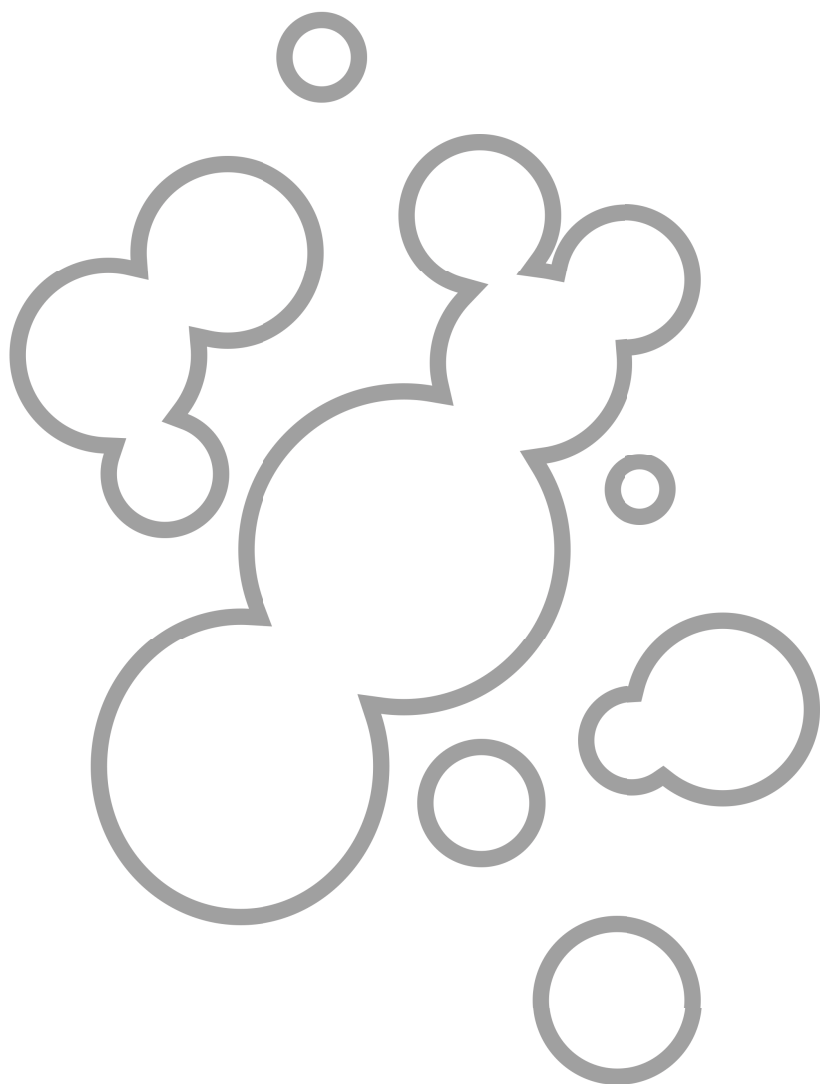
Kuvio 6. Autoklaavi höyrytys.

Kuvio 7. Jäähdytys.

Kuvio 8. Stabilisointi.

Kuvio 9. Irrotus.





## **1 . JOHDANTO**

Tämä opinnäytetyö on tehty Pohjoismainen Solumuovi Oy:lle, joka on suomen johtava solumuovin valmistaja. Työ kohdistuu solupolypropeenin eli EPP:n tutki-miseen. Työssä selvitetään, mihin sitä käytetään ja millaisia ominaisuuksia se sisältää. Toimeksiantajan toiveena oli saada kompakti tietopaketti EPP:stä, sillä se on lyhyen historiansa takia vielä monelle asiakkaalle tuntematon materiaali.

## Toimeksiantaja

Pohjoismainen Solumuovi Oy on suomen johtava solumuovin valmistaja, jossa työskentelee noin 38 henkilöä (Kuva 1). Se perustettiin vuonna 2001 ja toimii Muurlassa, lähellä Saloa. (Henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2016.) Yritys pystyy valmistamaan tuotteita monista eri raaka-aineista monipuolisen ja modernin konekantansa ansiosta. Tuotteet ovat enimmäkseen pakkausmateriaaleja, mutta vakiotuotteita ovat esimerkiksi erilaiset kalalaatikot ja termolaatikot. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016a ja 2016b.) Pohjoismainen Solumuovi Oy:n arvoihin kuuluvat asiantuntemus, avoimuus, yhteistyö ja luotettavuus, jotka yhdessä luovat laadukkaan lopputuloksen (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016).

Pohjoismainen Solumuovi Oy valmistaa myös muita solumuoveja, kuten solupolystyreeniä (EPS) ja solupolyeteeniä (EPE). EPP: n kasvaneen kysynnän vuoksi yritys on joutunut keskittymään yhä enemmän sen valmistamiseen. Koska tarkoitukseni oli tehdä oppaan omainen opinnäytetyö, pyrin pitämään tiedon ja tekstin kattavana, mutta tiiviinä.

Olen jakanut opinnäytetyössäni osiot kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käyn läpi tutkimustani tutkimuskysymyksistä tutkimusmenetelmiin. Tutkimusosuudessa käy myös ilmi miten olen tutkimustani jäsentänyt ajallisesti ja miten lopulliseen tuotokseen ollaan päädytty.

Toinen osion on taas itse opas. Päätin tehdä erillisen pääotsikon oppaalle, josta voidaan käytännössä ottaa kaikki tarpeellinen tieto ja tutkimustulokset erilliseksi, konkreettiseksi oppaaksi.



Kuva 1: Pohjoismainen Solumuovi Oy:n tehdas Muurlassa (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016b).



## **2. OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET**



Tiedonhankinnassa käytettiin dokumentaarista tiedonhankintaan, joka osoittautui myös hieman haasteelliseksi niukan kirjallisuuden takia. Sain Pohjoismainen Solumuovi Oy:ltä hyviä vinkkejä tiedonhakuun toimeksiantajahaastattelujen kautta. Päätin myös itse tehdä pienimuotoisia kokeita ja testejä, jotka antoivat vain suurpiirteisiä tuloksia, mutta auttoivat ymmärtämään paremmin materiaalia. Tarkempia testituloksia materiaalin käyttäytymisestä sain toimeksiantajalta

## 2.1. Toimeksianto ja tavoitteet

Toimeksiantona oli kerätä kattava, mutta selkeä paketti tietoa EPP:stä eli solupolypropeenista Pohjoismainen solumuovi Oy:lle. Heiltä löytyy paljon tietoa materiaalista, mutta toivomus kuitenkin oli saada kompakti opas, johon on kasattu kaikki oleellinen EPP:stä

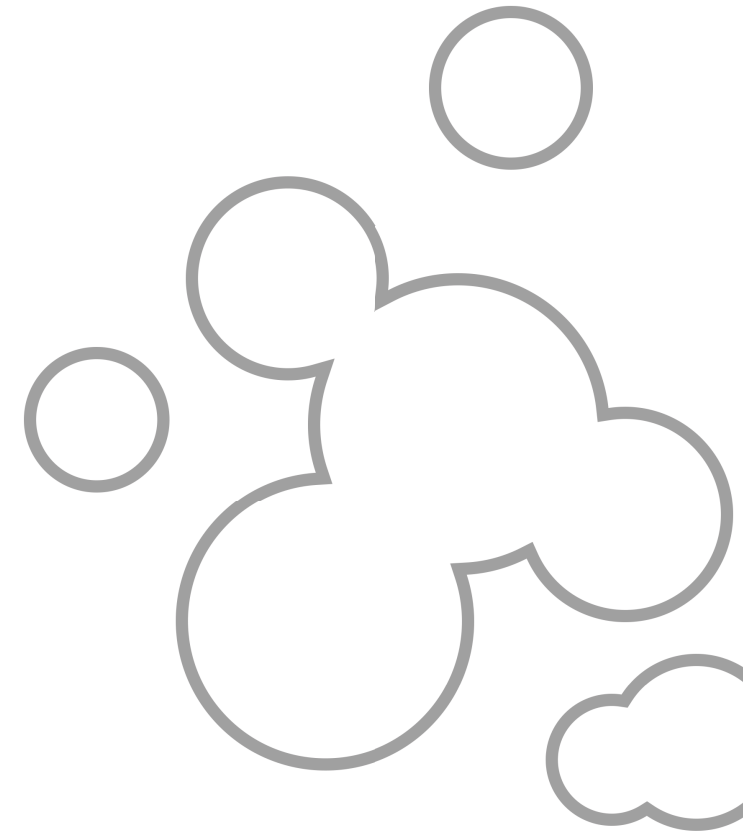
Toimeksiantajalla oli taustalla idea, että työtäni voisi käyttää työntekijöiden kouluttamiseen ja tiedon kartuttamiseen EPP:stä. Toiseksi sitä voisi käyttää tietopakettina asiakkaille. Haastattelujen perusteella osa asiakkaista ei ole juurikaan tietoisia EPP:stä, eikä materiaalin saatavuudesta.

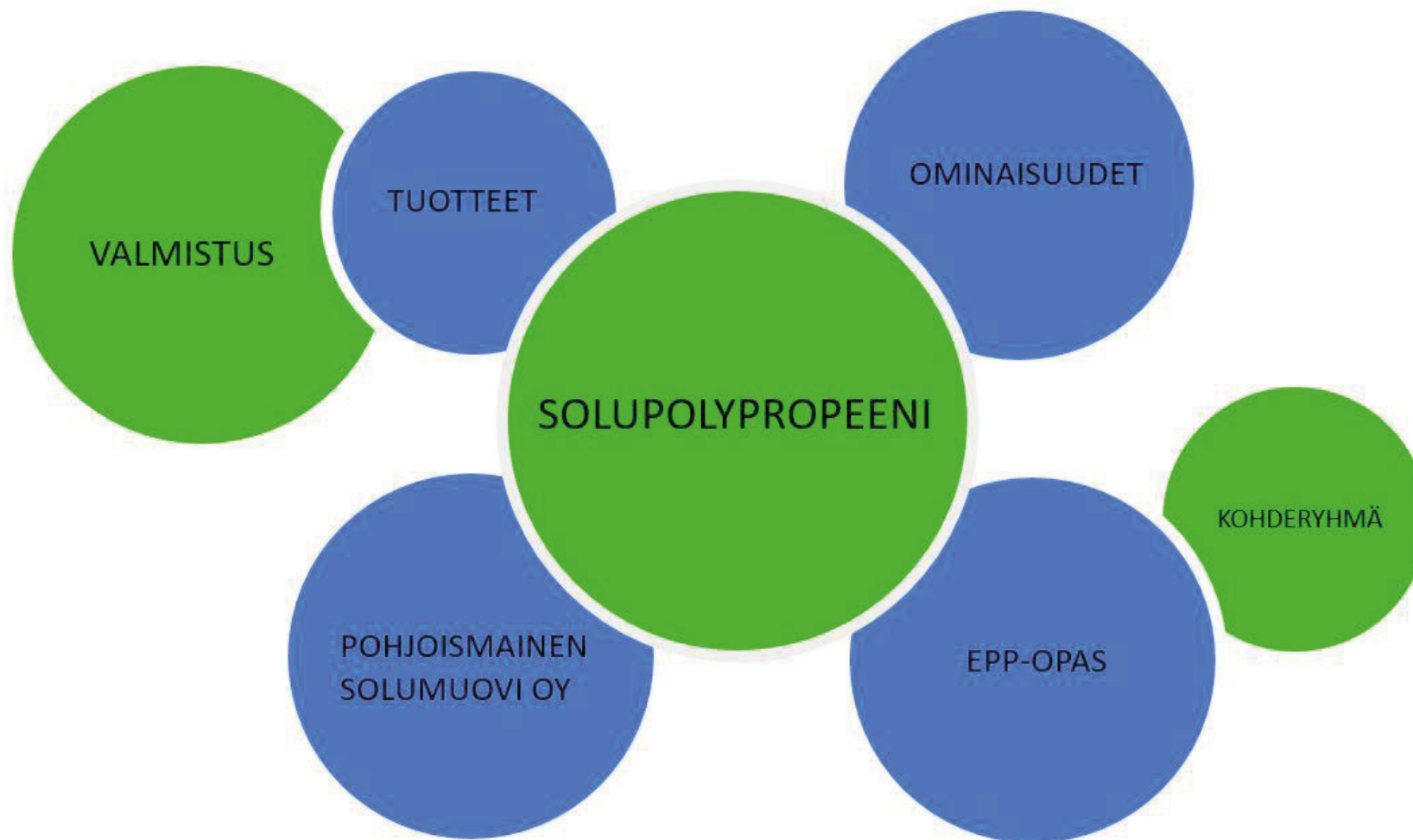
## 2.2. Viitekehys

Viitekehyksessä kokosin tutkimuskohteeni ympärille keskeisimmät asiat, jotka vaikuttavan tutkimukseeni ja sen lopputulokseen. Koska toimeksiantajan puolelta tuli toivomus oppaanomaiseen opinnäytetyöhön, kokoan kaiken ns. tarpeelliset ja tärkeimmät asiat, joita pitäisi tietää EPP:stä. Viitekehyksessä (Kuvio 1) selviää paremmin oleelliset asiat ”solujen” mukaan.

Viitekehysten keskiöksi valittiin materiaali, josta opinnäytetyö tehdään. Sen ympärille kasattiin oleelliset työhön vaikuttavat tekijät. Ensinnäkin toimeksiantaja, Pohjoismainen Solumuovi Oy. Heidän kanssa suunnittelen EPP-oppaan, joka onkin yhtenä osana viitekehystä. EPP-oppaasta tuli yksi keskeisimmistä asioista kirjoitustyön aikana, sillä toimeksiantajalta tuli tarve oppaalle, jonka voi jakaa esimerkiksi asiakkaille. He ovat siis oppaan kohderyhmä.

Jotta opas saataisiin kasaan, piti kerätä tietoa materiaalin ominaisuuksista, miten se käyttäytyy eri tilanteissa ja olosuhteissa. Tuotteet ovat myös tärkeä osa opinnäytetyötä ja miten niitä valmistetaan. Valmistuksen merkitys oppaassa on oleellista, joten sen merkitys näkyy myös viitekehyksessä pallon koon mukaan.





Kuvio 1: Viitekehys

### 2.3. Prosessikaavio

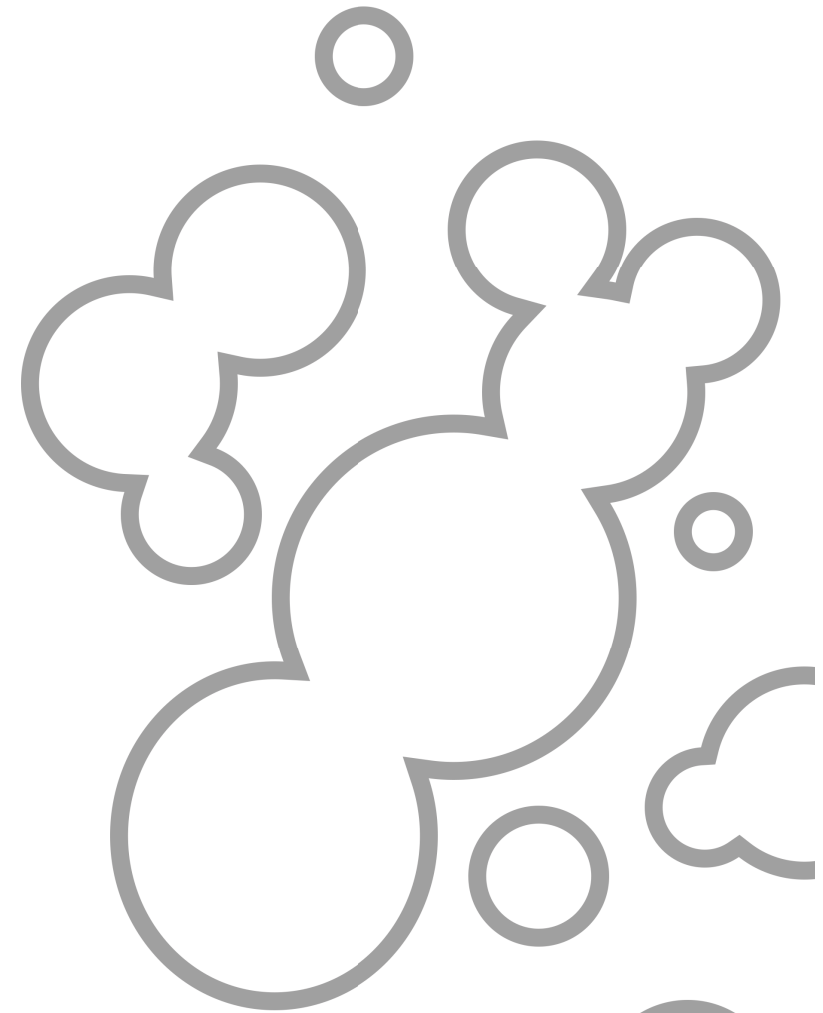
Prosessikaaviossa (Kuvio 2) näkyy aikajanamaisesti opinnäytetyön eteneminen. Se auttoi minua jäsentämään ajankäyttöäni, jotta kaikki tulisi ajoissa tehtyä ja opinnäytteen tulos olisi mahdollisimman hyvä.

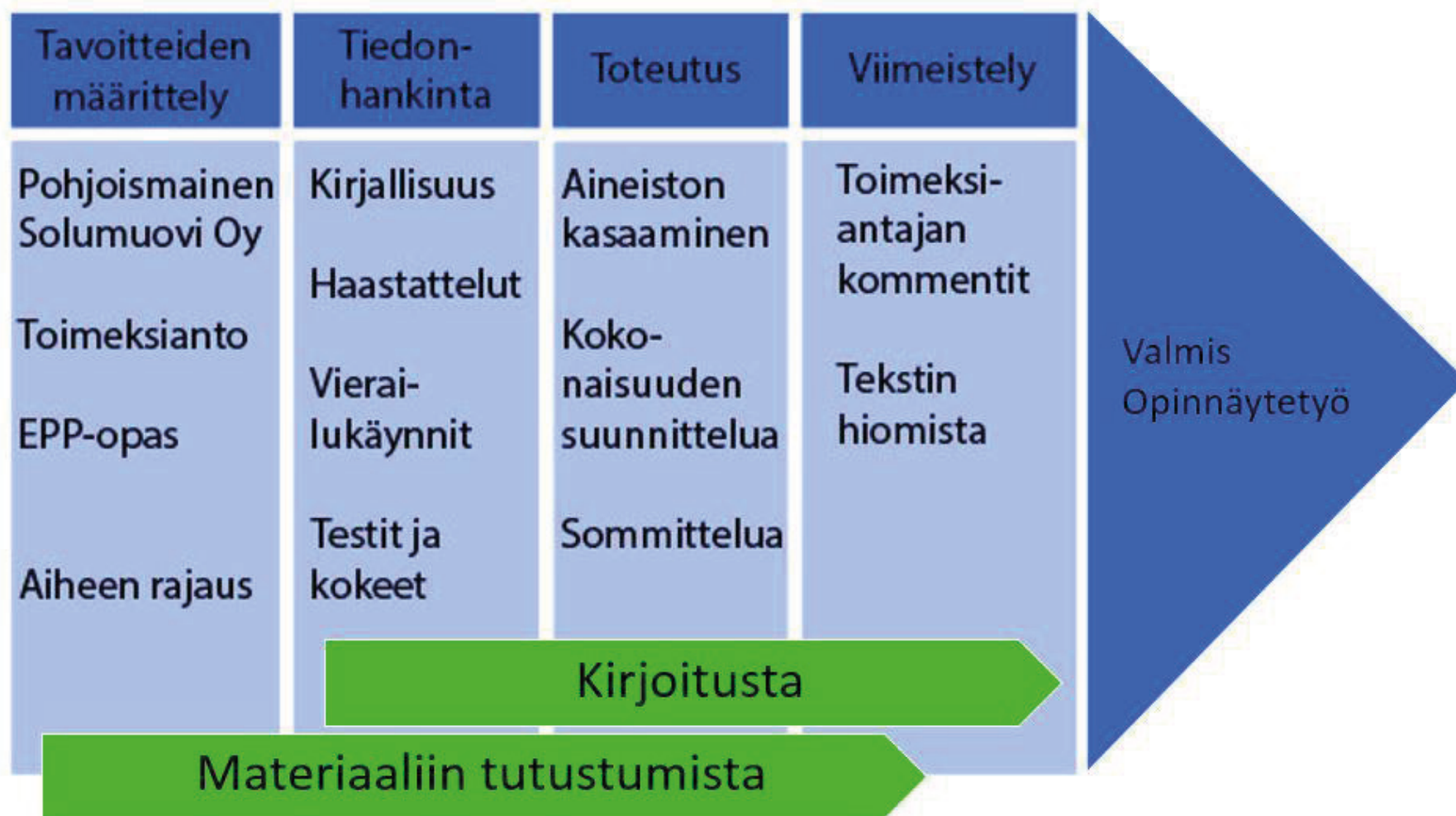
Aloitin työni ensin määrittämällä itselleni opinnäytetyöni tavoitteet. Toimeksiantajani kanssa selvitimme toimeksiantoni, josta tuli lopulta solupolypropeeni opas (EPP-opas). Aiheen rajausta oli tarpeellista, jotta oppaasta tulisi selkeä ja siinä tulisi ilmi tärkeimmät tiedot solupolypropeenista. Heti projektin alussa aloitin materiaaliin tutustumisen, joka jatkui läpi koko opinnäytetyöprosessin.

Tiedonhankinta oli seuraava vaiheeni. Tutkimusmenetelmiksi muodostui pääasiassa kirjallisuus, haastattelut, vierailukäynnit liikekumppaneilla ja omat kokeet. Tässä vaiheessa aloitin jo opinnäytetyöni kirjoittamisen ja oman dokumentoinnin.

Toteutusvaiheessa kasasin keräämäni tiedon yhteen ja aloin jäsentämään kirjoituksiani ja muistiinpanojani. Koska tarkoitus oli tehdä opas, oli kirjoitusten sommittelulla suuri merkitys, jotta se integroituisi hyvin opinnäytetyöni sisään.

Viimeistelyssä kävin läpi toimeksiantajani kanssa opinnäytetyö läpi ja teimme viimeiset muutokset tekstiin. Tarkistin myös ulkoasun toimivuuden ja tietysti tekstinkin toimivuuden. Lopputuloksena oli tavoitteen saavuttaminen eli valmis opinnäytetyö.





Kuvio 2: Prosessikaavio

## 2.4. Tutkimuskysymykset

Koska aiheenani on materiaalitutkimus ja opin-  
näytetyöni on tutkimuksellinen, asetin itselleni  
seuraavat tutkimuskysymykset:

1: Mitkä ovat EPP:n tärkeimmät tekniset ominai-  
suudet?

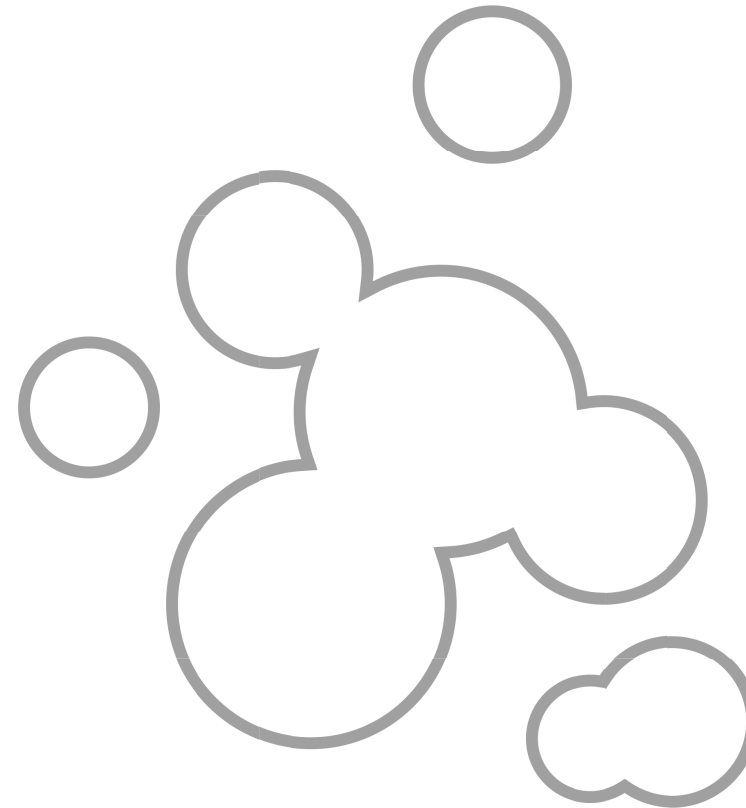
2: Miten EPP:tä voisi käyttää erilaisissa tuotteissa  
ja käyttötarkoituksissa?

Ensimmäiseen kysymykseen sain suurimman  
osan vastauksista toimeksiantajaltani saamalla  
dokumentaarisilla aineistoilla. Koska kirjallista  
materiaalia solupolypropeenista on vielä toistai-  
seksi vain niukalti, pääsin hyödyntämään Poh-  
joismaisen Solumuovi Oy:n ja sen kilpailijoiden  
diaesityksiä ja internetsivuja.

Toinen tutkimusmenetelmä, joka osoittautui to-  
della hyödylliseksi, olivat asiantuntijahaastattelut.  
Loistavan toimeksiantajan välisen yhteydenpidon  
ja säännöllisten tapaamisien ansiosta sain katta-  
vasti informaatiota kaikesta EPP:hen liittyvästä.  
Toimeksiantaja antoi minulle mahdollisuuden  
käydä myös yritysvierailuilla, joissa näin esimer-  
kiksi muotinvalmistusta ja kuumalankaleikkaa-  
mista.

Myös itse tekemilläni testeillä pääsin itse huoma-  
maan konkreettisesti materiaalin ominaisuuksia.

Toiseen tutkimuskysymykseen käytin tutkimus-  
menetelminä benchmarkkausta ja omia havain-  
tojani. Ensimmäiseen kysymykseen saamillani  
vastauksilla oli helpompaa lähteä miettimään  
erilaisia käyttötarkoituksia ja soveltuvuuksia.



## 2.5. Menetelmät

### 2.5.1. Omat kokeet

Tein koulun kurssilla äitiyspakkauksen EPP:stä (Kuvat 2 ja 3). Kurssi tehtiin yhteistyössä Pohjoismainen Solumuovi oy:n kanssa. Kurssilla pääsin itse suunnittelemaan ja kokeilemaan materiaalin ominaisuuksia käytännössä.

Solupolypropeenä on mahdollista työstää monella tavalla ja se on hyvin helppoa. Omilla kokeillaani muun muassa sahasin, jyrasin ja hioin EPP-kappaleita. Kokeilin myös, miten hyvin EPP-palaset liimautuvat toisiinsa kontaktiliimalla.

Jyrsintä oli todella helppoa. Koska solupolypropeeni on suurimmaksi osaksi vain ilmaa, oli sen työstäminen todella nopeaa (Kuva 4). Jyrsimen ajonopeudet olivat mahdollista moninkertaistaa esimerkiksi puuhun verrattuna. Jyrsittäessä ensimmäistä uraa solupolyuretaaniin, materiaali sulaa hieman jättäen röpelöisen pinnan riippuen terän ajosuunnasta. Toisella ajokierroksella terällä on vähemmän jyrsittävää pinta-alaa, jolloin ei röpelöistä pintaa enää jää ja samalla vanha sulanut kohta jyrsiytyy pois.

Käytin hiomiseen hiontalaikkaa karkealla hiekkapaperilla, ja pinnanlaadusta tuli hyvin siisti ja mattamainen. Solumainen pintakuvio katosi hionnan yhteydessä. Hionnan tarkoituksena oli poistaa jyrsimen jättämät pienet epätasaisuudet, jotka olivat jääneet liian suuren porrastuksen takia pintaan.

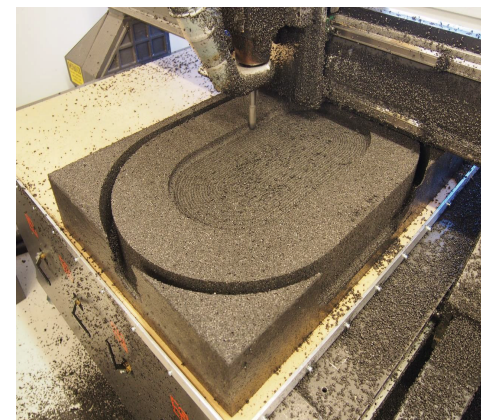
Kontaktiliima oli riittävä konsepti-tuotteiden osien kasaamiseen (Kuva 5), mutta se on kuitenkin liian heikkoa pitämään palasia kasassa, jos objektiin kohdistui liikaa rasitusta.



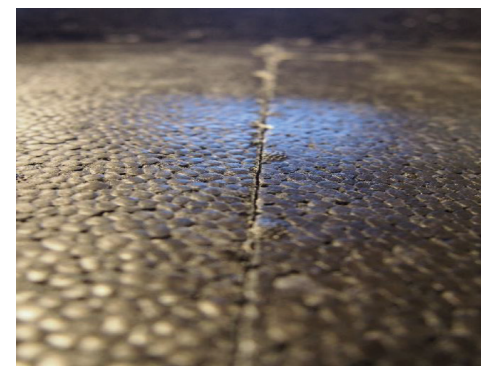
Kuva 2: Solupolypropeeninen äitiyspakkauks (Laakso 2015).



Kuva 3: Solupolypropeeninen äitiyspakkauks (Laakso 2015).



Kuva 4: Solupolypropeenin jyrsintää (Laakso 2015).



Kuva 5: Kaksi solupolypropeenikappaleita liimattuna yhteen (Laakso 2016).

### 2.5.2. Benchmarking

Benchmarkkaus eli vertailuanalyysi oli paras keino saada selville, millaisia tuotteita markkinoilla, jotka on EPP:stä. Kiertelin erilaisia kauppoja läpi ja huomioin myös nekin kohteet, joissa voisi käyttää EPP:tä materiaalina tai ainakin osana tuotetta. Nämä kyseiset tuotteet olivat lähes kaikki valmistettu EPS:stä. Benchmarkkauksessa hyviä puolia on, että pääsee käsittelemään ja kokeilemaan tuotteita. Benchmarkkauksella löysin myös tuotteita, joihin oli integroitu saranoita ja suljinoita, kuten lukkoja ja kahvoja.

### 2.5.3. Dokumentaarinen aineisto

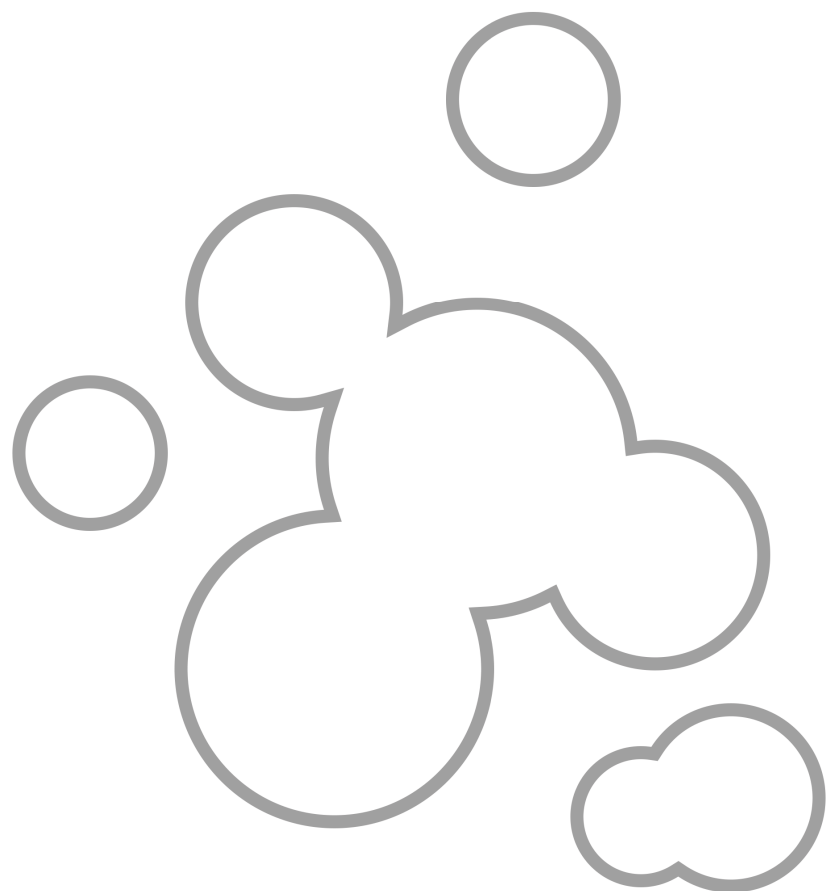
Dokumentaarinen aineistoni perustuu pääosin toimeksiantajaltani saatuihin aineistoihin. Käytin apuna myös diaesityksiä apunani, joita kokouksissa kävimme läpi. Muovia käsittelevissä kirjoissa ei ollut juurikaan mainintoja solupolypropeenista, mutta itse polypropeenista sitäkin enemmän. Tästä johtuen etsin paljon tietoa internetin välityksellä eri EPP-valmistajien kotisivuilta.

### 2.5.4. Haastattelut

Tiiviin yhteistyön toimeksiantajani kanssa mahdollisti päästä haastattelemaan monia alan ihmisiä ja myös heitä, jotka ovat esimerkiksi muotin valmistajia ja jälkityöstäjiä. Eniten hyötyä oli Pohjoismainen Solumuovi oy:n asiantuntijoiden haastatteluista.

### 2.5.5. Yritysvierailut

Päysin näkemään EPP:n valmistusta Pohjoismainen solumuovi oy:n omalla tehtaalla, mutta he veivät minut myös muihin yrityksiin katsomaan esimerkiksi kuumalankaleikkausta. Työn tavoitteen kannalta oli hyvä nähdä myös niitä yrityksiä, jotka eivät valmista EPP:tä, mutta ovat kuitenkin olennainen osa koko prosessia.



### **3. SOLUPOLYPROPEENIOPAS**



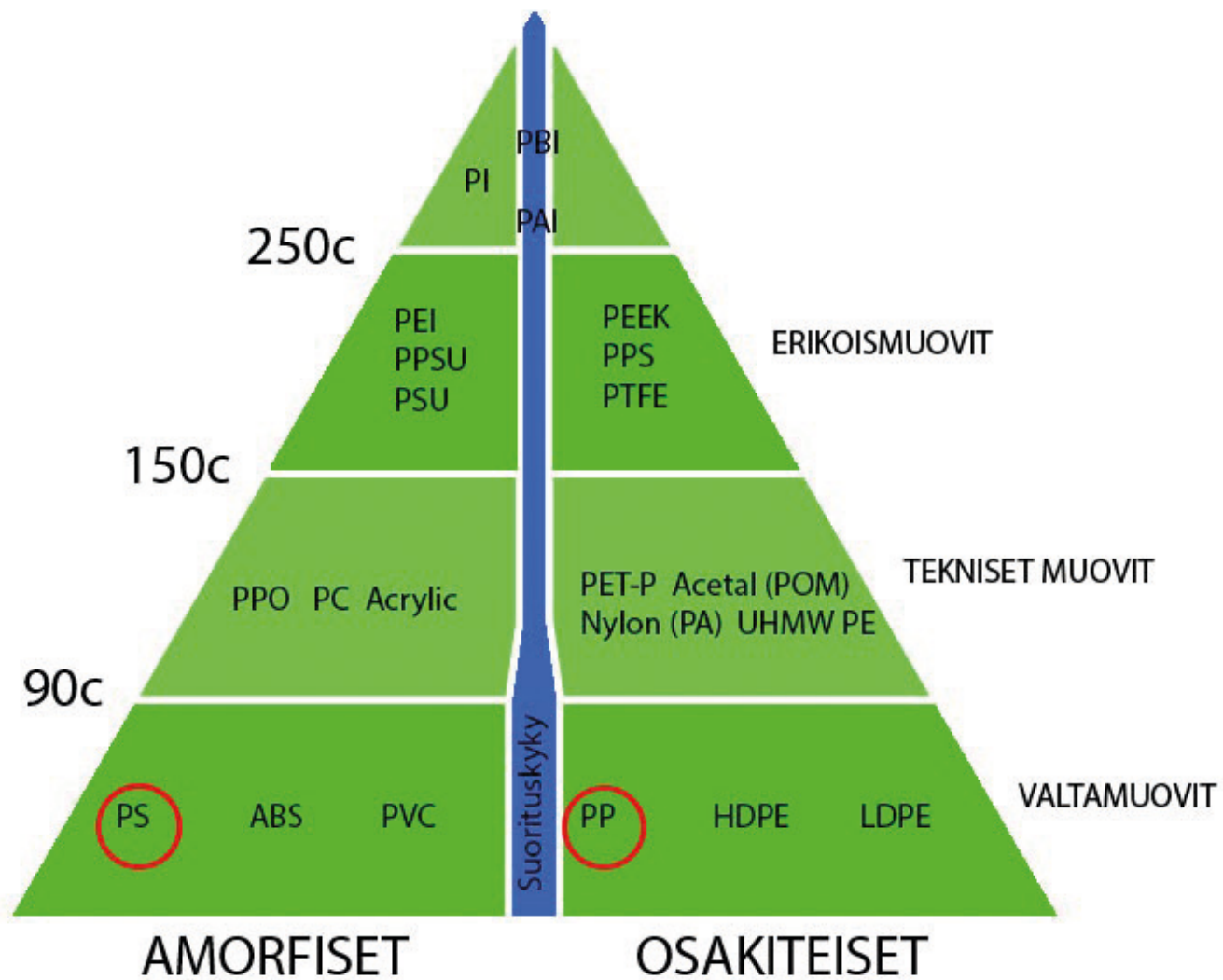
### 3.1. Solupolypropeeni eli EPP

Solumuovi tarkoittaa laajennettua muovia, jolla on nimensä mukaisesti solumainen rakenne. Solumainen rakenne saadaan aikaan pentaanikaasulla, joka toimii ponnekaasuna raaka-aineeseen lisättynä. (Kurri ym. 1999, 121.) Solumuoviraaka-aineita on monenlaisia. Pohjoismainen Solumuovi Oy valmistaa solumuovituotteita solupolystyreenistä (EPS), solupolypropeenista (EPP)(Kuva 6) ja solupolyeteenistä (EPE) eri käyttötarkoitusten ja asiakkaan toiveiden mukaan. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2015.)

EPP-kirjainyhdistelmä koostuu sanoista expanded polypropylene, joka tarkoittaa suomeksi laajennettua polypropeenia. Itse PP eli polypropeeni, josta EPP valmistetaan, kuuluu osakiteisiin valtamuoveihin (Kuvio 3). Siitä valmistetaan muun muassa kuituja, kalvoja, ruiskuvalettuja pakkauksia, levyjä, putkia ja auton osia (Järvinen 1999, 41). EPP: n kysyntä on kasvanut vuosi vuodelta, kun taas esimerkiksi EPS: n kysyntä on vähentynyt (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016).



Kuva 6: EPP-rakeita (Paul Müller 2016).

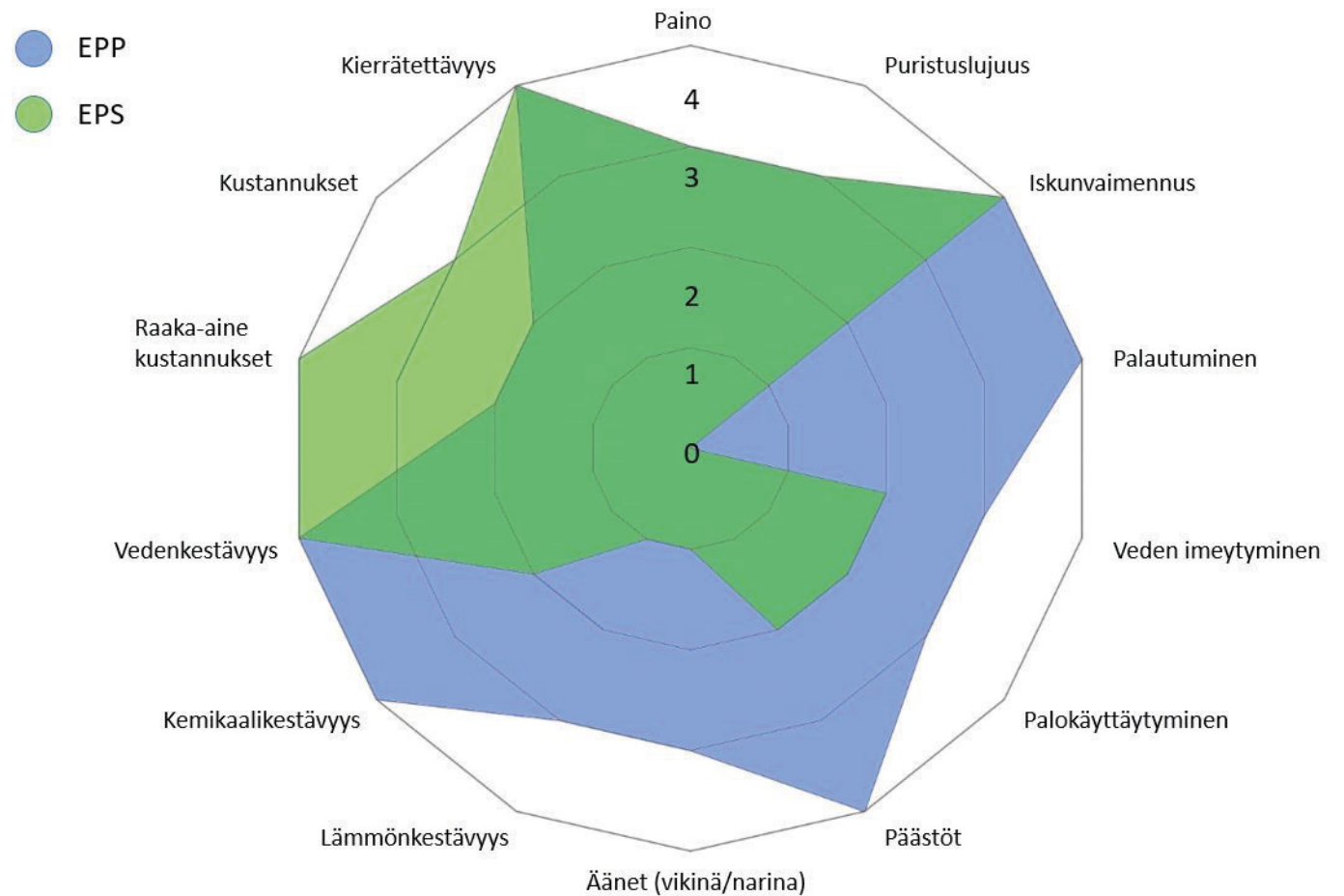


Kuvio 3: Pyramidi-malli erilaisista muoveista (Laakso 2016) (ain-plastics 2016)

### 3.2. EPP: n ominaisuuksia

Solupolypropeeni on kasvattanut suosiotaan loistavien ominaisuuksiensa ansiosta (Kuvio 4). Varsinkin autoteollisuudessa sitä on käytetty jo monien vuosien ajan. Se kestää mainiosti jatkuvaa rasitusta ja muistaa alkuperäisen muotonsa. Toisin sanoen se palautuu samanlaiseksi kuin se muotista tullessaan oli (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016c).

Kuten kuviossa neljä nähdään (Kuvio 4), ominaisuudet ovat jaettu neljääntoista osaan ja suorituskky neljään eri vyöhykkeeseen. Tässä tapauksessa numero nolla tarkoittaa todella heikkoa ja numero neljä erinomaista suorituskkyä. Esimerkiksi, jos verrataan EPP:n ja EPS:n kemikaalien kestävyyttä, EPP saa arvosanaksi numeron neljä eli erinomainen, kun taas EPS numeron kaksi eli kohtalainen.



Kuvio 4: EPP:n ja EPS:n vertailua (Laakso 2016) (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016)

### 3.2.1. Eristävyys

Solupolypropeenien voidaan käyttää eristysmateriaalina moneen eri käyttötarkoitukseen. Tyypillisiä käyttökohteita ovat erilaiset termolaukut, jotka kuuluvat pohjoismainen Solumuovi Oy:n vakio-tuotteisiin. EPP eristää hyvin lämpöä ja kylmyyttä, jolloin lämpimät tuotteet pysyvät lämpiminä ja kylmät tuotteet kylminä (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016c). Solupolypropeeni toimii myös hyvin äänieristeenä.

### 3.2.2. Keveys

Solupolypropeeni on hyvin kevyttä materiaalia. Paino tietysti vaihtelee tuotteen koon ja halutun tiheyden mukaan. Keskimäärin solupolypropeenituotteesta 90 % on ilmaa. Varsinkin autoteollisuus käyttää tätä EPP:n ominaisuutta hyväkseen keventääkseen autojen painoa, joka puolestaan vähentää autojen polttoaineenkulutusta. (EPP-forum 2016.)

### 3.2.3. Iskunkestävyys

Iskunkestävyys ja rasituksensietokyky tekevät EPP:stä loistavan pakkausmateriaalin. Varsinkin raskaitten tuotteiden kuljetuksessa se toimii erinomaisesti, sillä se absorboi hyvin iskuja. Monien käyttökertojenkin jälkeen EPP muistaa muotonsa eli se palautuu ns. "normaaliin" muotoonsa. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016.)

### 3.2.4. Kemikaalien sieto

EPP sietää monia erilaisia kemikaaleja. Seitsemän päivän kokeilujaksossa, huoneenlämmössä, monilla kemikaaleilla ei ollut vaikutusta solupolypropeeniin ja vain osat kemikaaleista tuottivat siihen pientä turvotusta. EPP kesti hyvin esimerkiksi etyylialkoholia, etyyliasetaania, ammoniumliuosta, 10 % rikkihappoa, 10% typpihappoa, 10 % suolahappoa ja 10% natriumhydroksidia. Vain bensiini, kaasuoily, mineraaliöljy, tolueni ja asetonit aiheuttivat pientä turvotusta solupolypropeenissa. (British Plastics Federation 2016.)

### 3.2.5. Dissipatiivisuus

Solupolypropeeni on dissipatiivista materiaalia. Materiaalin dissipatiivisuus suojaa staattisilta sähköpurkauksilta. Tätä ominaisuutta käytetään esimerkiksi elektroniikkateollisuudessa, kun herkätkä tekniset laitteet tarvitsevat suojaa. Siksi EPP toimii niihin oivana pakkausmateriaalina. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016.)

### 3.2.6. Kelluvuus

Ilmavuutensa ansiosta EPP soveltuu hyvin esimerkiksi meriteollisuuden tuotteisiin. Solupolypropeenituotteen pintaan on mahdollista tehdä vedenpitävä pintakerros muotissa tapahtuvassa höyrytysvaiheessa. Tällöin EPP ei pääse vety-mään. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016.)

### 3.2.7. Palo-ominaisuudet

Solupolypropeenilla on ollut hankaluuksia täyttää palostandardeja ilmavuutensa vuoksi. On kuitenkin keksitty palosuojattuja EPP-tuotteita, jotka hidastavat palamista, eivätkä tuota myrkyllistä savua. Muutamat yritykset tarjoavat näitä paloa hidastavia solumuovimateriaaleja, jotka ovat täyttäneet tapauskohtaisia paloturvallisuus-standardeja. (Henkilökohtainen tiedonanto. 5.2.2016.)

### 3.2.8. Ympäristö ja ekologisuus

Solupolypropeeni on täysin kierrätettävä ja myrkytön materiaali eli siitä ei ole haittaa ympäristölle. EPP-tuotteet voidaan rouhia pieneksi puruksi ja pistää uusiokäyttöön esimerkiksi pakkausten ja eristelevyjien tekoon. (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016.) Solupolypropeenin voisi myös polttaa. Se palaa korkealla lämpöarvolla, joten siitä ei lähde palamisen myötä mitään myrkyllisiä kaasuja. (EPP-forum 2016.)

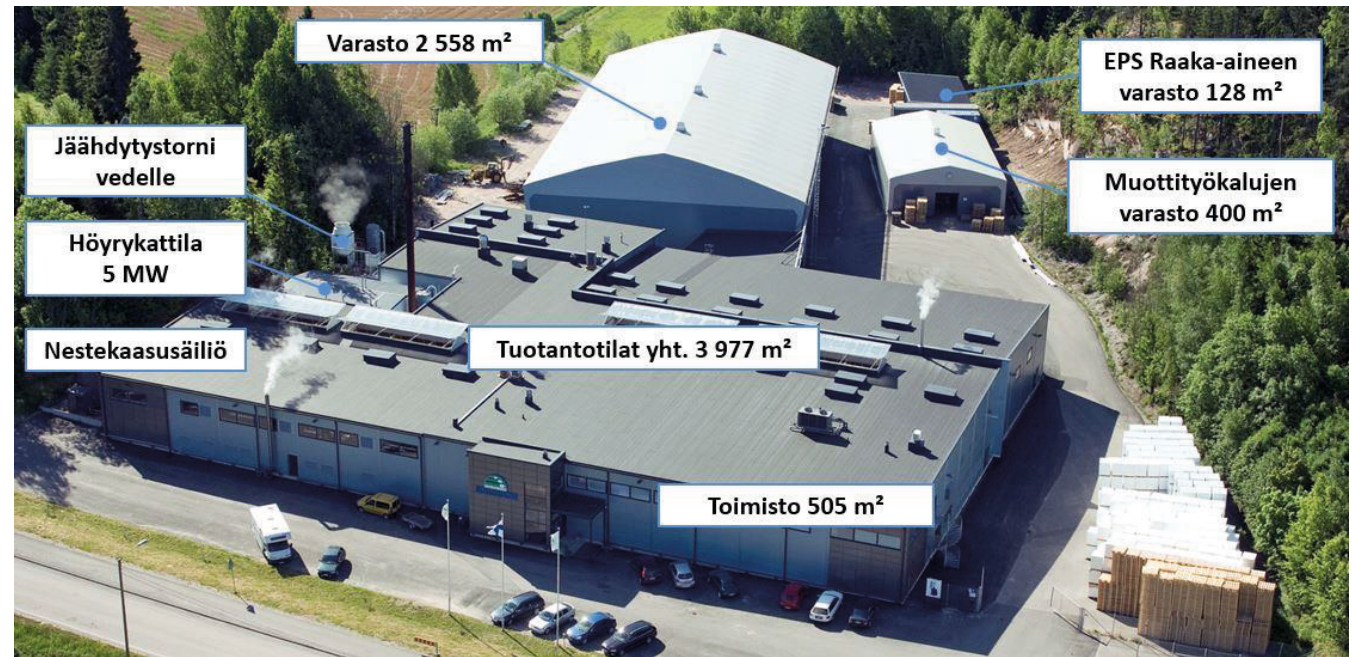
Varsinkin autoteollisuudessa solupolypropeeni on erittäin ympäristöystävällinen materiaali sen keveyden ansiosta. Kun raskaat materiaalit korvataan EPP:llä, saadaan autoista kevyempiä, jolloin ne kuluttavat huomattavasti vähemmän polttoainetta. Näin päästötkin vähenevät.

### 3.3. Valmistus

Solumuovien valmistus toimii kaikki hieman eri tavalla. Seuraavaksi käydään läpi EPP:n tuotantoprosessin eri vaiheet. Pohjoismaisen Solumuovi Oy:n tehtaan ilmakuvassa (Kuva 7) näkyy tuotantolaitoksen eri tilat.

#### 3.3.1. Raaka-aineen hankinta

Toisin kuin EPS, EPP-raaka-aine tilataan sen toimittajalta valmiiksi esipaisutettuna. Sitä voidaan käyttää siis suoraan tuotannossa. Jos tuotteista halutaan kevyempiä, on mahdollista impregnoida raaka-ainetta, jolloin sen omatiheys saadaan alhaisemmaksi. Raaka-ainetta voidaan tilata säkeissä tai bulkeissa. (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016.)



Kuva 7: Tuotantolaitoksen tilat. ( Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.2. Impregnointi

Tämän asian yhteydessä impregnointi tarkoittaa EPP:n paineistusta. Paineistus tapahtuu lämmitettävissä prosessitankeissa (Kuva 8), joissa paine on n. 3,0–4,0 baaria. Helmen sisäinen paine saadaan n. 0,7–0,9 baariin ja se voidaan tarvittaessa mitata. Lämpötila lämmitettävän prosessitankin sisällä on n. 40 celsiusta. EPP-helmien sisälle saatu ylipaine toimii ponnevoimana höyrytyksen aikana tuotantokoneessa. Paineistetut helmet ovat valmiita käytettäväksi ja syötettäväksi muottiin 6-8 tunnin paineistuksen jälkeen. (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016.)

### 3.3.3. Muotti

Asiakkaan kanssa suunnitellulle solumuovituotteelle suunnitellaan muotti sen valmistajan kanssa yhteistyössä. Muotit valmistetaan CNC-koneilla ja myös osittain käsityönä. Suunnittelussa käytetään 3D-mallinnusohjelmia. Muottia suunniteltaessa käytetään hyväksi tulevan tuotteen 3D-mallinnusta, jonka ympärille muotti suunnitellaan.

Muotti koostuu kahdesta osasta, uros ja naaras osista, jotka yhdessä muodostavat tulevan tuotteen muodot. Muotit tulee olla todella laadukkaita, sillä muotin laatu heijastuu suoraan tulevan tuotantosarjan laatuun.

### 3.3.4. Tuotantokoneessa tapahtuva prosessi

EPP-helmistä lopulliseen tuotteeseen kuuluu kuusi eri vaihetta, jotka tapahtuvat tuotantokoneen sisällä (Kuva 9). Ne ovat täyttö, höyrytys ristiin, autoklaavi höyrytys, jäähdytys, stabilisointi ja irrotus. (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016.)



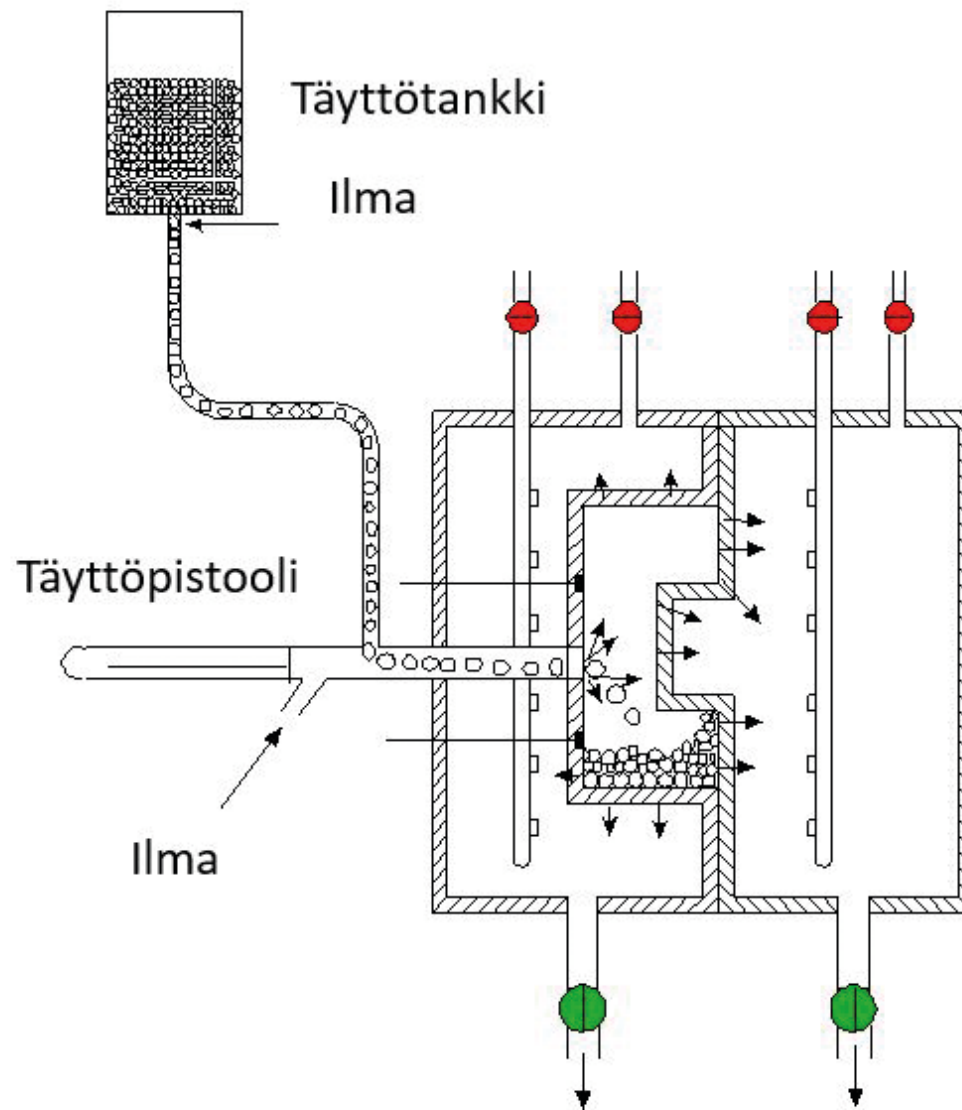
Kuva 8: Prosessitankkeja ( Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016).



Kuva 9: Tuotantokoneita (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016).

### 3.3.5. Muotin täyttö

Raaka-aine tuodaan muottiin paineilman avulla raaka-ainepistooleilla (Kuvio 3) n.1,6–2,1 baarilla. Täyttö kestää 5–15 sekuntia, muotin koosta riippuen. Täyttöpistoolit sijoitetaan muottiin niin, että se täyttyy tasaisesti ja nopeasti. (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016.)

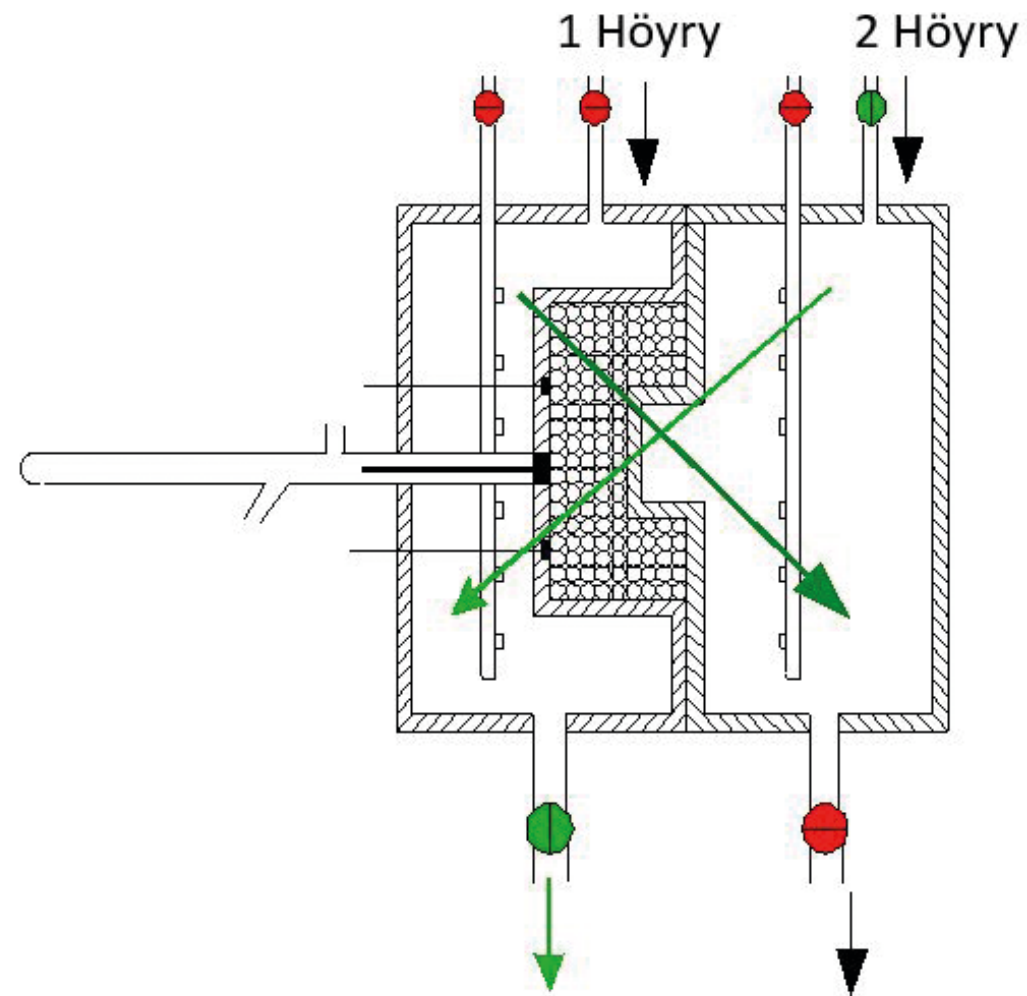


Kuvio 5: Muotin täyttö (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)



### 3.3.6. Höyrytys ristiin

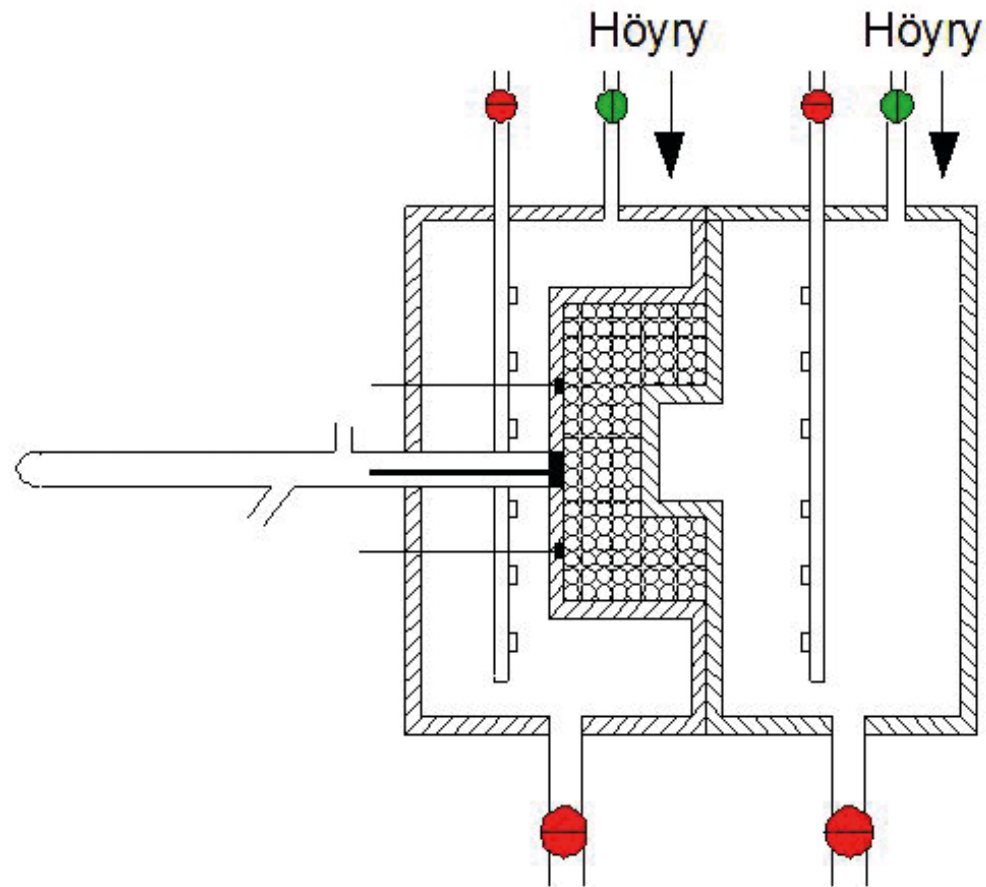
Ensimmäisen höyrytyksen tarkoituksena on poistaa ilma EPP-helmien välistä. Höyry on n. 130 asteista ja sitä höyrytetään muotin läpi olevista pienistä rei'istä ristiin. Tämän vaiheen kesto on noin 2–5 sekuntia. Kuviossa (kuvio 4) nähdään kuinka höyry tulee niin sanottuihin höyrykammioihin ja menee sen jälkeen muotin läpi höyrystimien kautta. (Henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2016.)



Kuvio 6: Höyrytys ristiin (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.7. Autoklaavihöyrytys

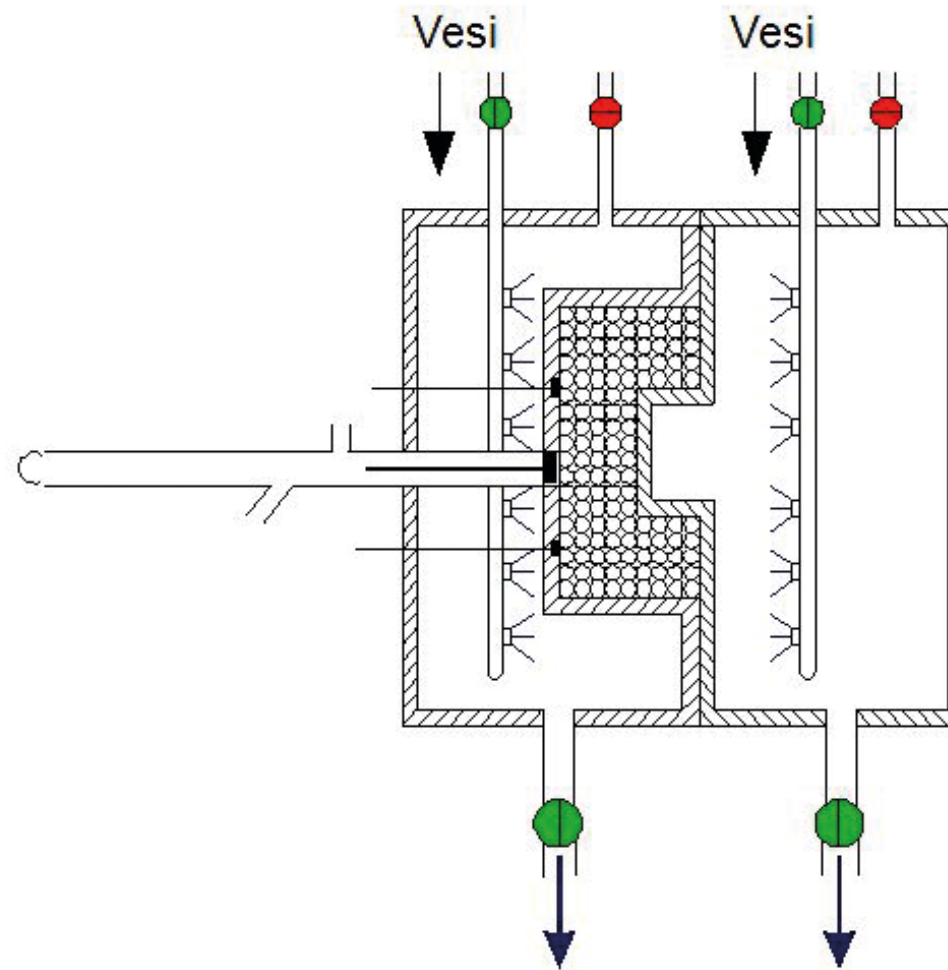
Tässä höyrytysvaiheessa (Kuvio 5) tuotteelle saadaan hyvä pinnanlaatu, kun helmet sintraantuvat yhteen. Höyryä tuodaan 2,7–3,3 baarin paineella ja se on n 140 - 150 asteista. Höyrytys kestää noin 8–20 sekuntia (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016).



Kuvio 7: Autoklaavihöyrytys (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.8. Jäähdytys

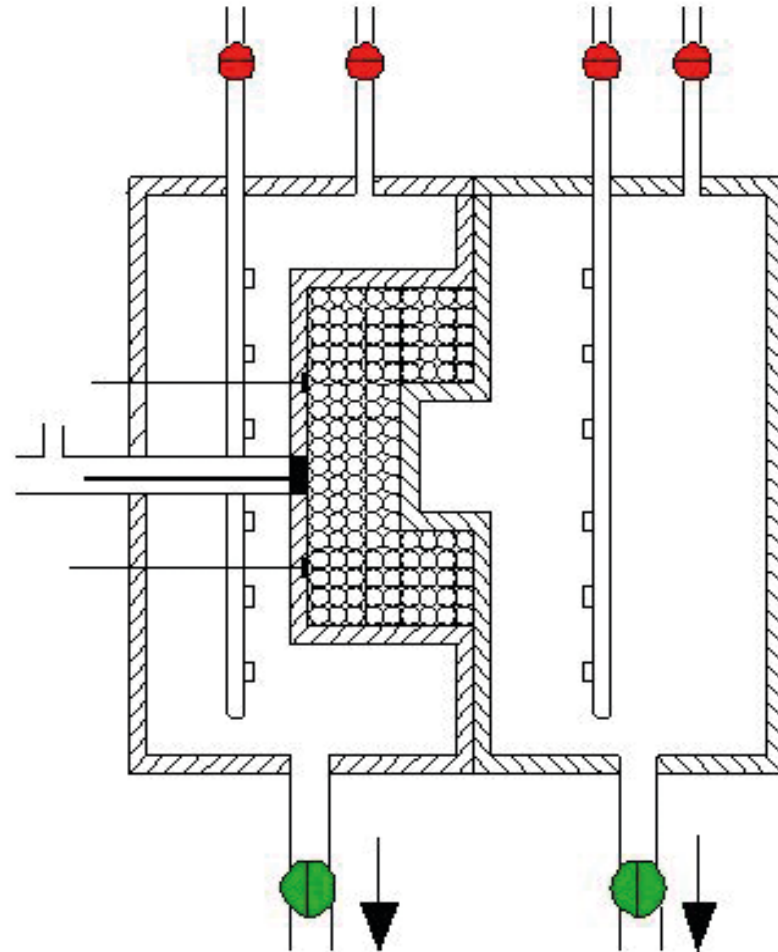
Kuviossa (Kuvio 6) nähdään, kuinka muotin seinämille suihkutetaan vettä, jotta se jäähtyisi. Vettä suihkutetaan n. 12 sekuntia. Jos muottia ei jäähdytetä tarpeeksi on mahdollista, että tuotteessa ilmenee mittaheittoja, Toisaalta liiallinen jäähdytys ei ole energiatehokasta. (Henkilökohtainen tiedonanto. 2016.)



Kuvio 8: Jäähdytys (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.9. Stabilisointi

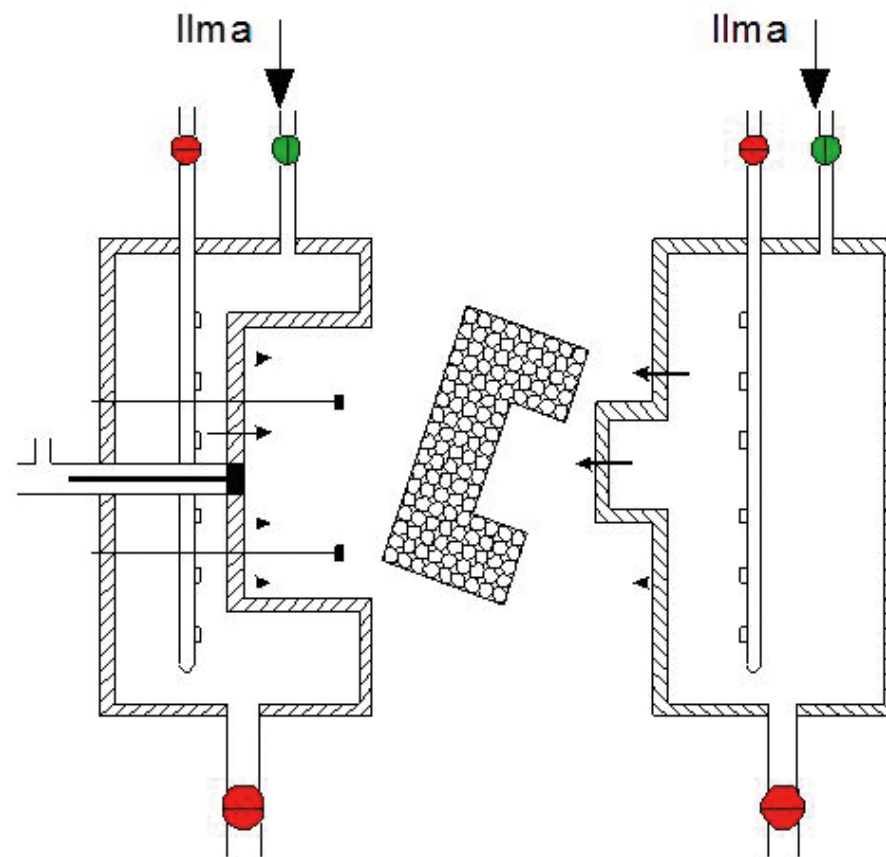
Stabilisoinnissa annetaan muotin ja tuotteen vielä jäähtyä (ilman vettä) n. 40 sekuntia. Samalla helmien sisäistä painetta alennetaan alipaineen avulla (Kuvio 7). (Henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2016)



Kuvio 9: Stabilisointi (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.10. Irrotus

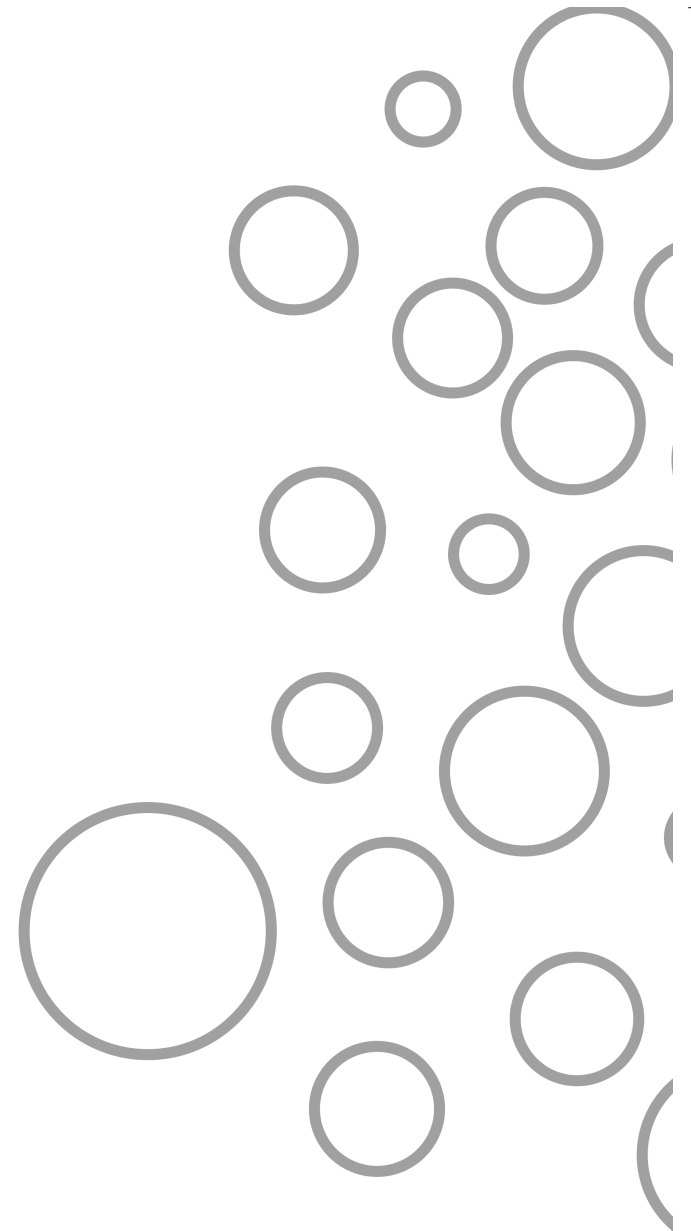
Viimeisessä vaiheessa tuote saadaan ulos muotista käyttäen paineilmaa ja tuotantokoneen ulostyöntäjien avulla (Kuvio 8) (Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016).



Kuvio 10: Irrotus (Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016)

### 3.3.11. Laadunvalvonta

Laadunvalvonnassa tarkastetaan jokaisen tunnin välein valmistettavien tuotteiden laatu. Koekappaleesta mitataan sen märkápaino ja katsotaan silmämääráisesti onko tuote sellainen, kun sen pitäisi olla. Tuotteista on mahdollisuus myös mitata tarkat päämitat. (Henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2016.)



### 3.4. Työstömahdollisuudet

Solupolypropeenina on mahdollista työstää erilaisilla keinoilla. Kuten esimerkiksi kuumalankaleikkaamalla ja laseroinnilla.

#### Kuumalankaleikkaus

Pääsin tutustumaan Sulotek oy-nimisen yrityksen toimintaan, jossa siis pääsääntöisesti kuumalankaleikataan EPS-tuotteita. EPP:tä on mahdollista työstää myös samalla menetelmällä. Heidän kuumalankaleikkaukskoneella saadaan jopa millin tarkkaa jälkeä (Kuva 10). Lankapaksuuksia oli kaksi.

#### Laserointi

EPP:n pintaan on mahdollista tehdä erilaisia stuktoureja laserilla. Laserilla kaiveretaan muotin pintaan haluttu pintakuvio, joka painautuu tuotteeseen. Laseroinnin avulla tuotteeseen saadaan tyylikäs pinta, ja se häivyttää suuttimien jäljet (Kuva 11).



Kuva 10: Kuumalankaleikkausta (Laakso 2016).



Kuva 11: Laserilla tehtyä struktuuria (groupe empreinte 2010).

### 3.5. Tuotteet

Lisääntyvän suosionsa ansiosta EPP-tuotteita on nykyään yhä enemmän ja enemmän. Se on esimerkiksi syrjäyttänyt monissa tuotteissa perinteisen solupolystyreenin käytön materiaalina.

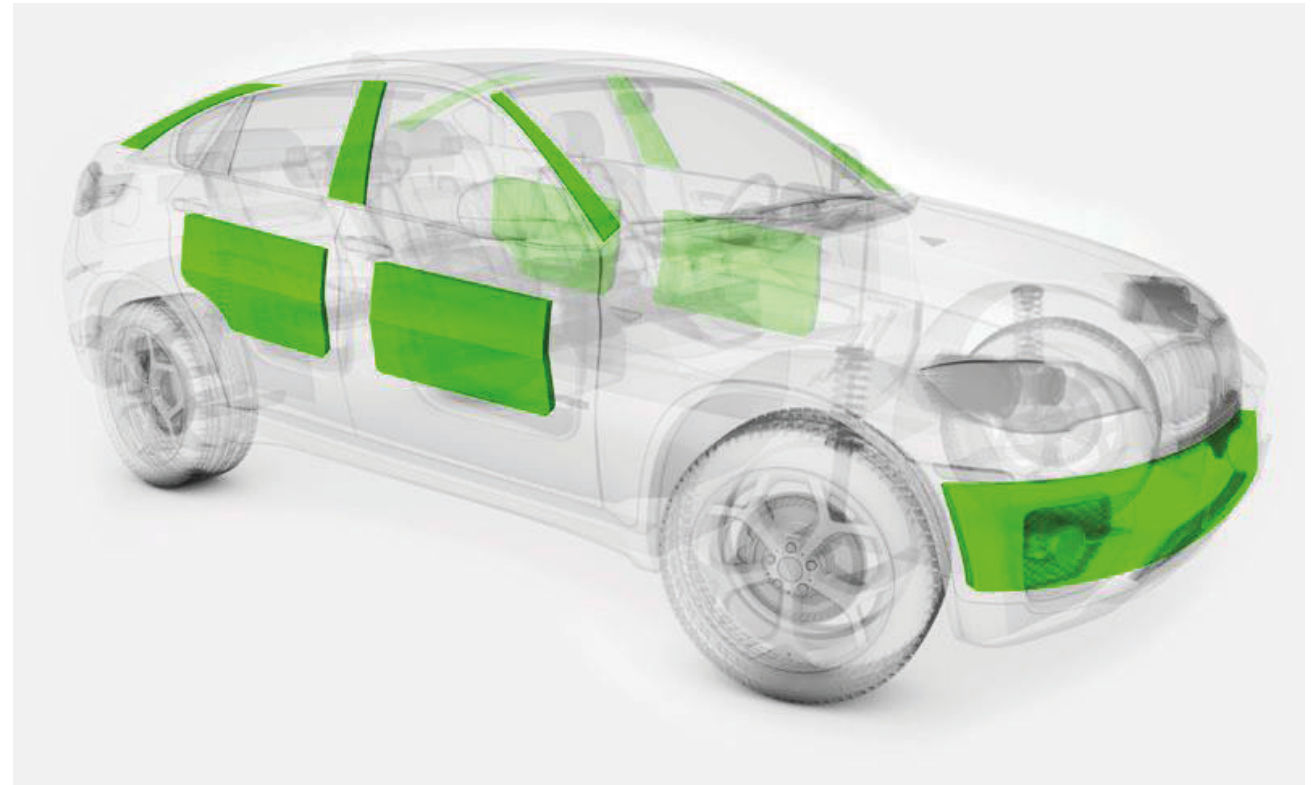
Pohjoismainen Solumuovi Oy:n EPP-tuotevalikoimaan kuuluu pääasiassa erilaiset pakkaukset, kuten kalalaatikot ja muut termolaukut. Myös kuormalavat ja pakkaus-suojat kuuluvat EPP-tuotevalikoimaan (Kuva 12).



Kuva 12: Kuvakollaasi Pohjoismainen solumuovi oy:n vakiotuotteista (Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016a).



EPP on autoteollisuudessa jo tuttu tuote. Sitä käytetään paljon keveytensä ja iskunkestävyytensä takia eri puolilla auton koria (Kuva 13), kuten esimerkiksi puskureissa, kojelaudassa, ovissa, istuimissa ja ABC-pilareissa. (Arpro 2016.)



Kuva 13: EPP-osia autossa (Laakso 2016)(MPE Automotive industry 2016).

Benchmarkkaamalla löysin monenlaisia eri pakkauksia, moneen eri tarkoitukseen. Varsinkin ruoan kuljetukseen EPP:tä on hyödynnetty muun muassa pizzojen kuljetukseen, jäätelön kuljetukseen ja jopa lentokoneruokien kuljettamiseen. Pakkauksista on saatu monikäyttöisempiä niihin integroiduilla saranoilla ja lukitusmekanismeilla eli ruoat tai muut tuotteet voidaan lukita pakkausten sisään.

Myös hieman eksoottisempiin tuotteisiin on käytetty EPP:tä. Erilaiset lentävät radio-ohjattavat droidit ovat mullistaneet ilmakuvauksen maailman, ja EPP on osana myös sitä. Kevyet EPP-komponentit ovat kevyitä ja antavat propelleille loistavan suojan törmäystilanteissa (Kuva 14).



Kuva 14: Benchmarkingia EPP tuotteista

EPP on turvallinen ja lapsiystävällinen materiaali. Sitä on mahdollista tehdä erilaisia leluja sekä huonekaluja. Pehmeytensä ja keveytensä ansiosta se sopii hyvin erittäin nuorille lapsillekin esimerkiksi keinuhevoseksi (Kuva 15).



Kuva 15: Solupolypropeenista valmistettu keinuhevonen (Laakso 2016)  
(Tuote: Poropu-das, J-M. 2015).



## **4. LOPUKSI**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota perustietoa solupolypropeenista, jota voisi käyttää myös EPP:n tutustumisoppaana. Haasteena oli pitää tiedonanto mahdollisimman selkeänä ja helposti ymmärrettävänä, jotta saataisiin kompakti kokonaisuus.

Tutkimuskysymyksiini sain vastauksia dokumentaarisilla aineistoilla ja haastatteluilla. Toimeksiantaja oli tukena koko opinnäytetyön ajan, ja sain toimeksiantajalta kattavasti ohjeita ja kirjallista materiaalia hyödynnettäväksi. Myös yhteiset asiakäynnit ja tuotantoon tutustumiset laajensivat käsitystäni solupolypropeenista. Koen näiden asioiden ansiosta kasvaneeni ammatillisesti.

Nykyisiin tuotteisiin pääsin tutustumaan toimeksiantajani tehtaalla ja myös benchmarkkaamalla muiden valmistajien tuotteita. Huomasin, kuinka laajalle alueelle EPP:n käyttö on jo nyt levittänyt.

Päätin tehdä omia pieniä kokeita solupolypropeenilla ymmärtääkseni paremmin sen käyttäytymistä. Vaikka opinnäytetyössä ei suunniteltu ja tehty mitään tuotetta, oli aiheeni todella tarpeellinen myös muotoilijalle. Muotoilijalle on hyödyllistä tutustua uusiin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin. Ne voivat avata uusia mahdollisuuksia muotoilijan töihin.

Lopputulos on mielestäni hyvä ja tavoitteisiin päästiin. Opinnäytetyöni koostui kahdesta osasta, joista toista eli Solupolypropeeniopas-osiosta on mahdollista käyttää tutustumismateriaalina toimeksiantajani asiakkaille sekä uusille työntekijöille.

# LÄHTEET

British Plastics Federation 2016. Expanded polypropylene. Viitattu 15.2.2016  
[http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Expanded\\_Polypropylene\\_EPP.aspx](http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Expanded_Polypropylene_EPP.aspx)

EPP-forum 2016. Lightweight Construction. Viitattu 15.2.2016  
<http://epp-forum.com/en/epp-applications/lightweight-construction-automotive/lightweight-construction/>

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell.

Kurri, V.; Malén, T.; Sandell, R. & Virtanen, M. 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus

Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016a. Vakiotuotteet. Viitattu 11.2  
<http://www.solumuovi.com/Vakiotuotteet>

Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016b. Yritys. Viitattu 11.2  
<http://www.solumuovi.com/Yritys>

Pohjoismainen Solumuovi Oy 2016c. Räätelöidyt ratkaisut. Viitattu 12.2.  
[http://www.solumuovi.com/EPP\\_Tuotteet](http://www.solumuovi.com/EPP_Tuotteet)

# KUVALÄHTEET

EPP-osia autossa. MPE. Automotive industry. Viitattu 16.3.2016  
<http://www.mpe.it/epp/eng/automotive.php>

EPP-rakeita. Paul Müller 2016. Viitattu 28.3.2016  
<http://www.paulmueller.de/en/solutions/plastic-trays-and-moulded-parts/products-of-epepeetpu.html>

Kaksi solupolypropeeni kappaletta liimattuna yhteen. Tuomas Laakso 2016

Kuumalankaleikkausta. Tuomas Laakso 2016.

Kuvakollaasi Pohjoismainen solumuovi oy:n vakiotuotteista. Vakiotuotteet.  
Viitattu 17.3.2016 <http://www.solumuovi.com/Vakiotuotteet>

Laserilla tehtyä struktuuria. Groupe-empreinte 2010. Viitattu 17.3.2016  
<http://www.groupe-empreinte.fr/actu-en.php>

Pohjoismainen Solumuovi Oy:n tehdas muurlassa. Yritys. Viitattu 11.2.2016  
<http://www.solumuovi.com/Yritys>

Prosessitankkeja. Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016

Solupolypropeeninen äitiyspakkaus. Tuomas Laakso 2015.

Solupolypropeeninen äitiyspakkaus. Tuomas Laakso 2015.

Solupolypropeenin jrsintää. Tuomas Laakso 2015.

Solupolypropeenista valmistettu keinuhevonen. Tuomas Laakso 2016.  
Tuote: Juha-Matti Poropudas.

Tuotantolaitoksen tilat. Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016

Tuotantokoneita. Henkilökohtainen tiedonanto 19.2.2016

Solupolypropeenin (EPP) materiaalitutkimus Tuomas Laakso Turun ammattikorkeakoulu

# KUVIOLÄHTEET

3. Pyramidi-malli erilaisista muoveista. Laakso, T. 2016. Viitattu 16.3.2016.  
<http://ain-plastics.com/how-sales-reps-help-you-find-the-right-plastic-material/>

4. EPP:n ja EPS:n vertailua. Laakso, T. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

5. Muotin täyttö. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

6. Höyrytys. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

7. Autoklaavi höyrytys. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

8. Jäähdytys. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

9. Stabilisointi. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016

10. Irrotus. Henkilökohtainen tiedonanto. 19.2.2016



# BENCHMARK KUVAT

1. Coolsart. Pizza container. Viitattu 16.3.2016 <http://www.en.coolsarl.com/insu-lated-containers/insulated-containers-epp/line-for-pizzas/>

2. Blogspot. Charcoalstudio. Viitattu 29.3.2016 <http://charcoalstudio.blogspot.fi/2014/04/movisi-beehive-modular-shelving-system.html>

3. Kypäräkeskus. Viitattu 29.3.2016 <http://www.kyparakeskus.fi/polkupyora-kyparat>

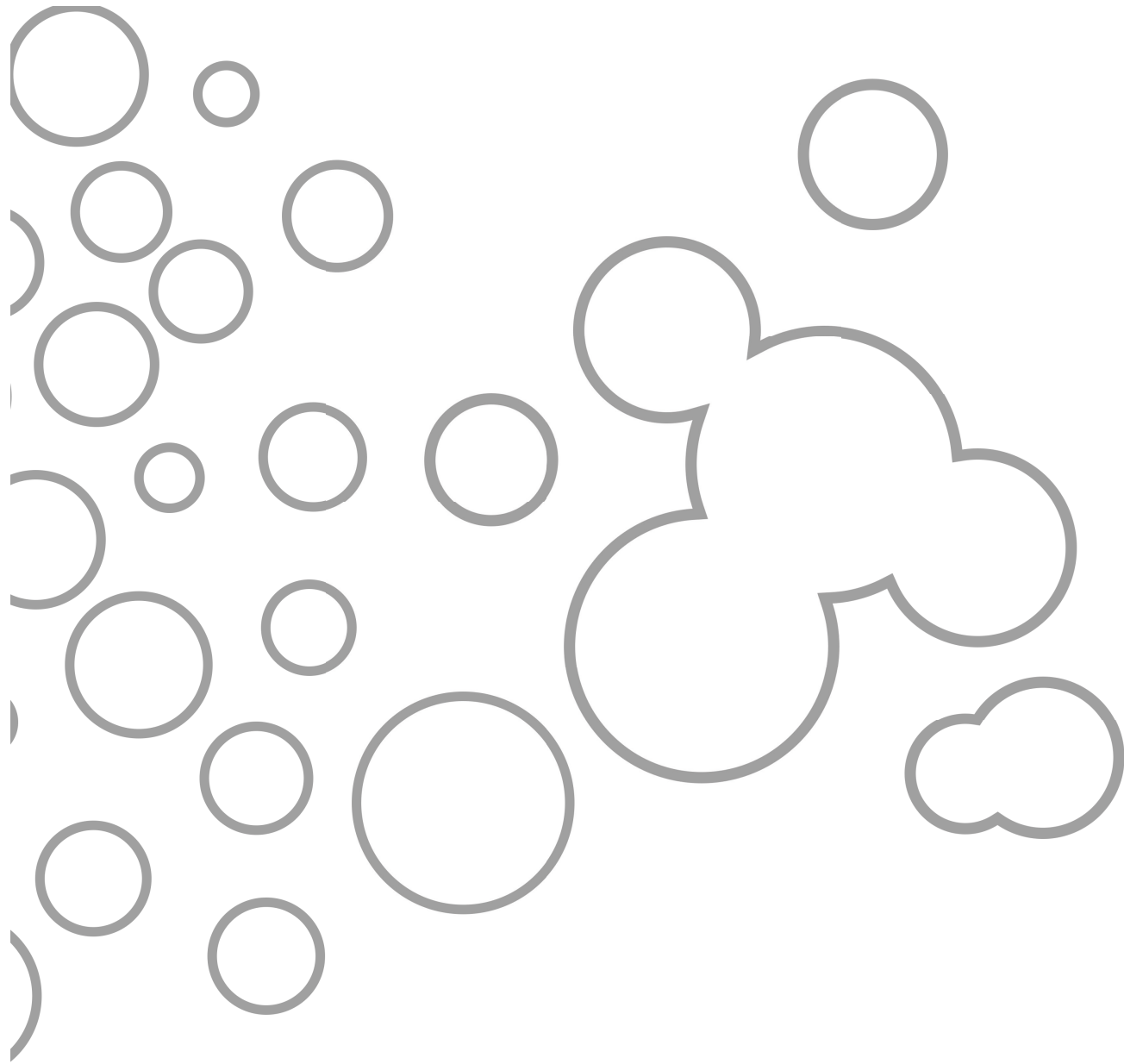
4. Tradekorea. Car seat. Viitattu 29.3.2016 <http://www.tradekorea.com/product/de-tail/P368153/EPP-Car-Seat,EPP-Foam-Auto-Parts.html>

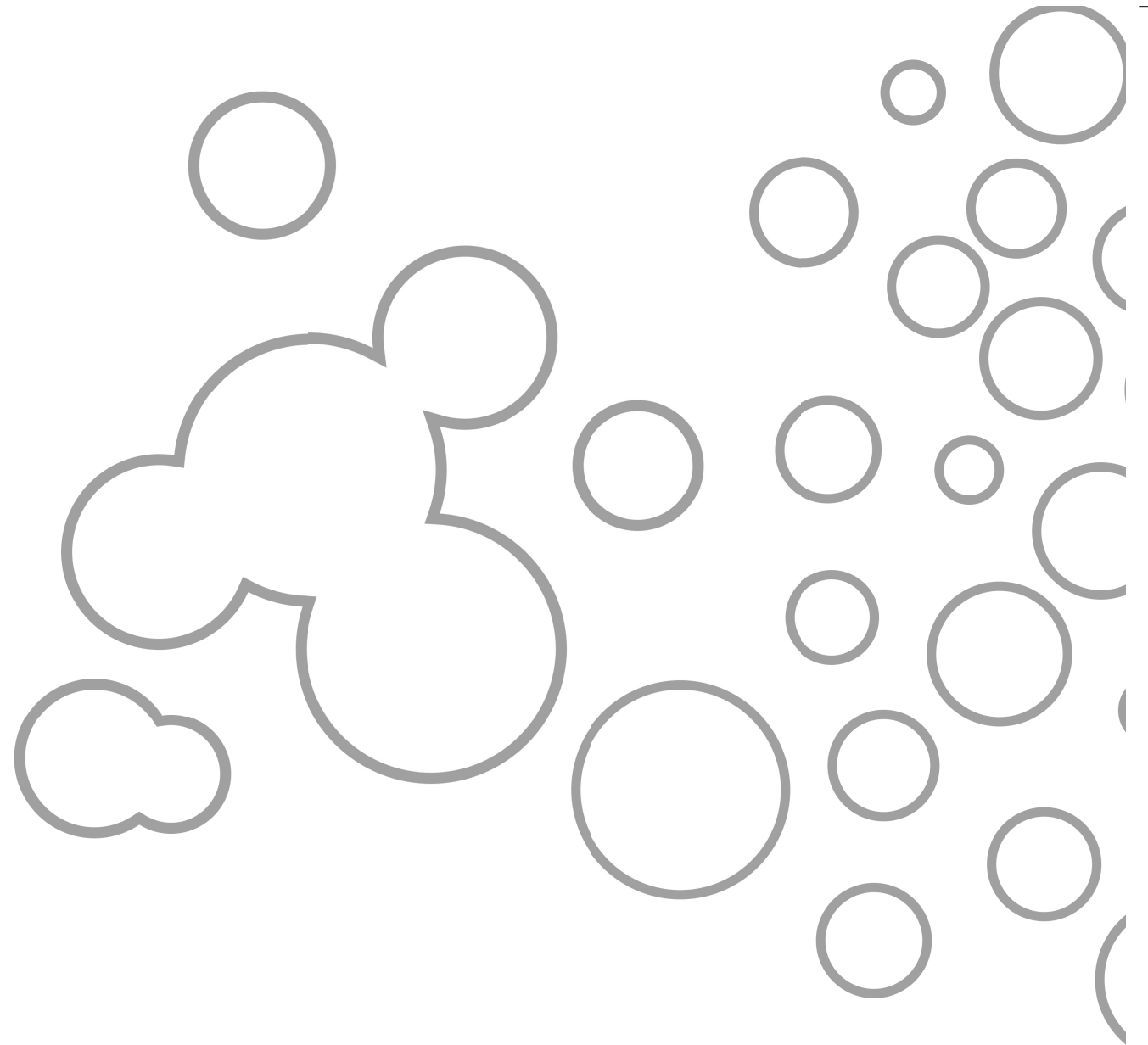
5. Herworldplus. Drone. Viitattu 16.3.2016 <http://www.herworldplus.com/lifes-tyle/gadgets/must-have-toy-for-the-boys-ar-drone>

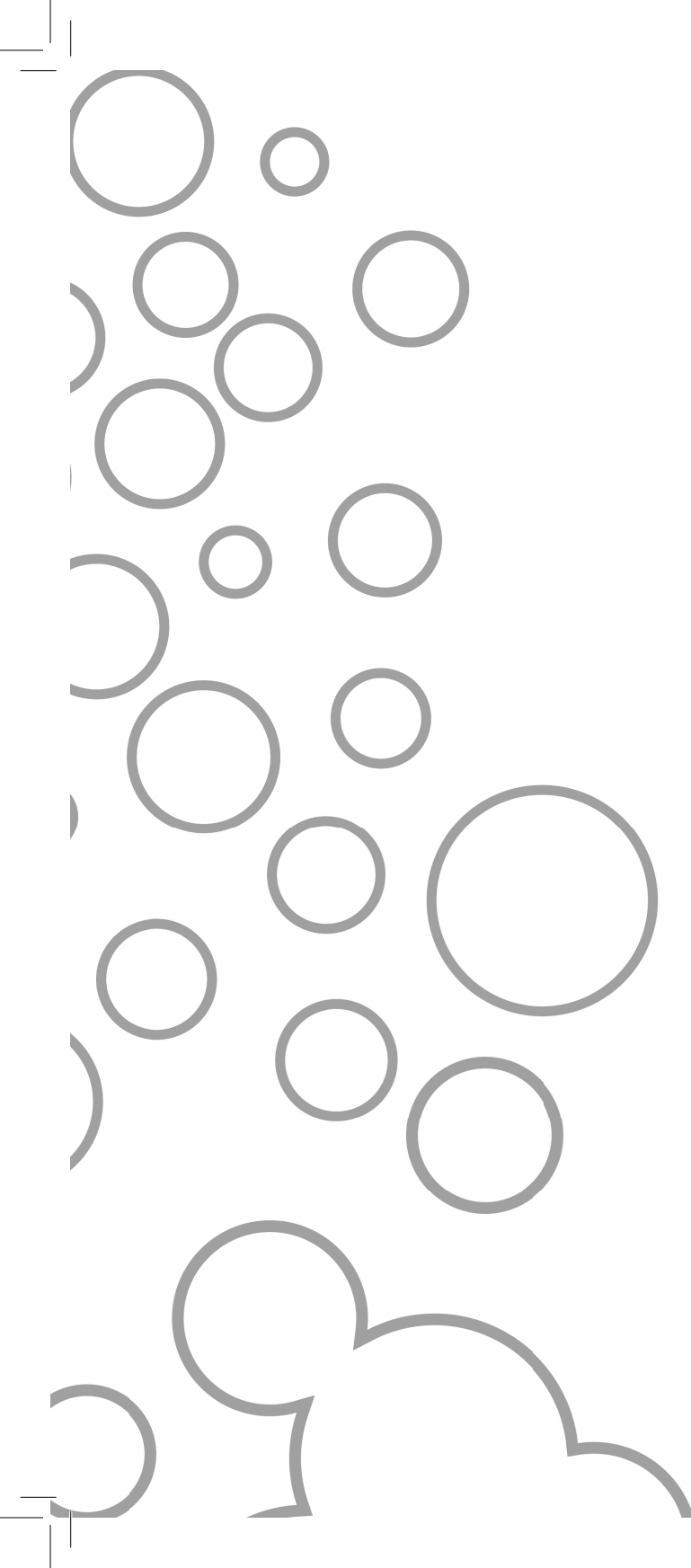
6. Luthierguitar. Viitattu 16.3.2016 <http://www.luthierguitar.com/product/420/TRIC%20Case%20Standard%20Light%20Durable/>

7. Thermowelt. Viitattu 16.3.2016 <http://www.thermowelt.com/Artikel/front-lader-pizza.html>









**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES