

Biomuovien tutkimus ja valinta puhallusmuovaukseen

Opinnäytetyö

Plastteknik

2012

Kenneth Oldenburg

OPINNÄYTE TYÖ	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Muovi tekniikka
Tunnistenumero:	3625
Tekijä:	Kenneth Oldenburg
Työn nimi:	Biomuovien tutkimus ja valinta puhallusmuovaukseen
Työn ohjaaja (Arcada):	Marko Voho
Toimeksiantaja:	Plastex OY
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Plastex Oy on yksi johtavista suomalaisista puhallusmuovattujen tuotteiden valmistajista sekä merkittävä ruiskuvalutuotteiden toimittaja, jo neljännessä sukupolvessa toimiva perheyrittys valmistaa erikokoisia puhallusmuovattuja. Tutkimuksen tarkoituksena on löytää tuotantotehokas ja ympäristöystävällinen vastike öljypohjaisille muoveille, jota Plastex Oy voisi hyödyntää heidän tuotevalikoimassaan tulevaisuudessa. Aluksi on tarkoitus kartoittaa mitä biomuoveja on tarjolla sekä rajoittaa niistä potentiaalisimmat tarkempaa tutkimusta ja koeajoa varten. Tämä tehtiin kartoittaakseen mahdollisuuksia tuottaa markkinoilla olevista biomuoveista Plastexin tuotteita. Koeajot tehtiin Plastex Oy:n omassa tehtaassa, kahdella erikokoisella koneella. Maailman biomuovi markkinat ovat kovassa kehityksessä ja eri vaihtoehdoista Plastexin kanssa päädyttiin testaamaan muutamaa sovellusta omista tuotteistaan. Tuotteet tuotettiin ekstruusio puhallus-muovaus koneita käyttäen. Testien tuloksien avulla nähtiin mitkä biomuovit soveltuivat Plastexin tuotteisiin parhaiten. Tämän työn tuloksilla Plastex saa tiedon min-kälaiset biomuovit soveltuvat heidän tuotteisiin, ja tämän avulla voi tehdä päätöksiä mitä haluavat tuoda heidän tuotantoon.</p>	
Avainsanat:	Plastex, Puhallusmuovaus, Biomuovit, Biohajoavat muovit, Biopohjaiset muovit,
Sivumäärä:	
Kieli:	
Hyväksymispäivämäärä:	

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Plastteknik
Identifikationsnummer:	3625
Författare:	Kenneth Oldenburg
Arbetets namn:	Biomuovien tutkimus ja valinta puhallusmuovaukseen
Handledare (Arcada):	Marko Voho
Uppdragsgivare:	Plastex Oy

Sammandrag:

Plast är ett välkänt material, i industrin, byggnader, hem, bilar och leksaker. Plaster har använts i årtionden och användning av plast ökar hela tiden. För att traditionell plast är framställt från olja och oljeresurserna är begränsade, är andra råmaterial alternativ forskade och utvecklade hela tiden. Många företag försöker tillverka mer ekologiska produkter och gör mycket utvecklingsarbete inom området. Ett alternativ är bioplaster, och jag tror att de kommer i alla fall delvis att ersätta den traditionella plasten. Bioplaster utvecklas hela tiden och deras kvalitet blir bättre hela tiden. Bioplaster är tillverkade från förnybara naturresurser, och en del av bioplasterna är bionedbrytbara.

Målet med detta arbete är att hitta ett ersättande råmaterial, gjort av förnybara naturresurser, för de nuvarande oljebaserade råmaterialen. Plasten skall passa Plastexs produkter och formblåsningmaskiner. Det skulle vara bra om ersättande råmaterialet skulle vara bionedbrytbar. Till en början är det meningen att forska i råmaterialens egenskaper och kartlägga, vilka som skulle passa Plastexs produktion. Efter det provkörs de valda råmaterialen i Plastexs fabrik, och deras funktion prövas i formblåsningmaskinerna och produkterna. Det nya råmaterialet skulle inte ersätta det gamla helt, utan skulle möjligen användas i en del produkter, och sedan skulle det finnas information om vad för åtgärder som behövs göras för att ta bioplaster med till produktionen. Processen med det nya råmaterialet skall vara lika pålitligt som med det gamla. Bioplaster är i allmänhet dyrare än oljebaserade plaster. Målet skulle vara att hitta en bioplast som fyller alla tidigare nämnda kriterier och skulle hålla produktens fram-

ställningspris på en måttlig nivå.

Bioplast är ett begrepp som används allmänt. Det är inte helt entydigt utan omfattar många plastgrupper. Två huvudgrupper är biobaserade plaster (tillverkat av förnybara naturresurser) och bionedbrytbara plaster. Många bioplaster hör till båda grupperna. I biobaserade plaster fokuserar man i det, att de är tillverkade av förnybara naturresurser istället för olja. Bionedbrytbara plaster är klassificerade efter hur man gör sig av med dem. Råmaterialet förmultnar i vissa förhållanden till koldioxid, vatten och biomassa.

Med formblåsning tillverkas ihåliga föremål av termoplast, med hjälp av att tvinga smulten plast till formens yttre form. Metoden är en vidareutveckling av extrudering. Formblåsningstekniken är menat speciellt för tillverkning av ihåliga produkter med tunna väggar. Tekniken ger friare händer för designen av produkten, för att man inte behöver beakta produktens inre sida. Däremot är produktens vägg tjocklek svår att reglera.

Syftet med provkörningarna är att hitta en passlig bioplast för Plastexs produkter, som ett alternativ för de nuvarande traditionella plasterna. De första provkörningarna görs med en liten maskin och en enkel produkt. Sedan görs det nya provkörningar på de potentiella råmaterialen, med en större maskin och en större och mer komplicerad produkt.

Plasterna som provkördes under första provkörningen var, Braskem HDPE sgf 4960, Cereplast compostable 2002D, Cereplast compostable 2001, Ecomann EM 30000 och Biome gs 2189. Informationen som var meningen att få reda på med hjälp av provkörningen var; att få reda på värmen som råmaterialet skall produceras med, plastens egenskaper som varm, hur plasten fungerar i processen och hur det går att kontrollera processen. I ett tidigt skede av provkörningarna kunde man konstatera att Ecomann EM 30000 och Biome gs 2189 plasterna inte fungerade tillräckligt bra. Resten av plasterna fungerade rätt så bra, och det gjordes produkter av dem. Resultaten diskuterades med Plastex. Båda Cereplast råmaterialen var rätt så svåra att producera så Plastex beslöt sig att det inte görs mera provkörningar med dem. Så den enda plasten som provkördes en andra gång var Braskems HDPE sgf 4960. Syftet med andra provkörningen var att få reda på; plastens funktion i processen, processens kontrollmöjligheter, processens driftsäkerhet och att produkten fyller alla kvalitetskriterier.

Plasten fungerade bra i processen, jämfört med den HDPE, som används normalt i processen, var ända större justeringen att höja grund tjockleken på röret som pressas

från extrudern. Det här gjordes för att Braskems biobaserade plast har en lägre viskositet än den oljebaserade plast som normalt används. Hela processen fungerade felfritt. Det var inga fel som berodde på biobaserade plasten. Produktens kvalitet var bra, väggjockleken var jämn. Produkten fyllde alla kvalitetskriterier som den skulle.

Provkörningarna genomfördes utan större problem. I resultaten var vi både nöjda och missnöjda. I resultaten för de bionedbrytbara plasterna var vi inte nöjda, för de fungerade inte så som vi hoppats. Och målet var att hitta en bioplast som helst skulle vara bionedbrytbar. I Braskems biobaserade HDPE resultat var vi nöjda. Processen fungerade utan problem, farten på produktionen var inom Plastexs målsatta fart. Produkten var på alla sätt bra och vikten på produkten var inom Plastexs gränser.

För att processen med Braskems HDPE sgf 4960 fungerade med samma fart och att produkten hade samma vikt som med Marlexin PE-HD-plasten, så var ända skiljande faktorn för produktens slutliga pris, prisskillnaden i råmaterialen. Braskems biobaserade HDPE är två gånger dyrare än Marlex oljebaserade HDPE. Detta betyder inte att produkten skulle vara två gånger dyrare, utan till exempel i Plastexs produkt 5200 så är den 1.27 gånger dyrare med Braskems bionedbrytbara HDPE, som det är beskrivet i kapitel 3.1.1.

Prisskillnaden är inte enorm, men den påverkar i vissa produkters tillverknings pris märkbart. Därför lönar det sej inte att använda biobaserade plasten i alla produkter. T.ex. för Plastexs design produktgrupp skulle biobaserade plasten kunna passa bra. Produktens tillverkningskostnader är lite högre så råmaterialets prisskillnad påverkar inte på samma sätt på totalkostnaderna. Och det kunde annars också kunna vara en bra sak för design produkterna att vara gjorda av förnybara naturresurser.

Nyckelord:	Plastex, Formblåsning, Bioplaster, Bionedbrytbara plaster, Biobaserade plaster.
Sidantal:	
Språk:	
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Plastics technology
Identification number:	3625
Author:	Kenneth Oldenburg
Title:	Biomuovien tutkimus ja valinta puhallusmuovaukseen
Supervisor (Arcada):	Marko Voho
Commissioned by:	Plastex Oy
<p>Abstract:</p> <p>Plastex Oy is one of the leading companies that produces blow molding products, the family company in fourth generation produces blow molding products of a large scale. The meaning of this project is to find a production effective and a nature friendly alternate for the oil based plastics, that Plastex oy could use in the future in their products. In the beginning of the project a survey of the current bio plastics is made, and from it the most potential bio plastics are further studied and tested. This were made to see the possibilities of producing Plastex Oy:s products with the existing bio plastics. The test runs were made in Plastex Oy:s own factory, with two machines of different size. The bio plastics on the world is developing fast and of the different possibilities we chose to test run a few bio plastics in Plastex Oy:s own products. The products were made with extrusion blow molding machines. With the help of the results of the test runs we were able to see which bio plastics suites the best to Plastex Oy:s products. With the help of this project Plastex Oy will get the information of which bio plastics suites their machines and products, and can with this make decisions if they will take some bio plastic in to their production.</p>	
Keywords:	Plastex, Blowmolding, Bioplastics, Biodegradeble plastics, Biobased plastics,
Number of pages:	
Language:	
Date of acceptance:	

Sisällysluettelo

1	Johdanto	10
1.1	Työn tausta ja tavoite	10
1.2	Oy Plastex Ab	11
2	Kirjallisuus tutkimus	12
2.1	Biomuovit - Mitä ne ovat?	12
2.1.1	<i>Biopohjaiset muovit</i>	13
2.1.2	<i>Biohajoavat muovit</i>	13
2.2	Biopohjaiset muovit – Miksi?	13
2.3	Uusiutuvat luonnonvarat.....	14
2.4	Mahdollisia biomuoveja puhallusmuovaus tuotteisiin.....	15
2.4.1	<i>Polylactidi (PLA)</i>	15
2.4.2	<i>Polyhydroksi alkanooatit (PHA)</i>	16
2.4.3	<i>Biopohjainen polyeteeni</i>	17
2.5	Ekstruusipuhallusmuovaus.....	18
3	Menetelmä	19
3.1	Raaka aineiden valinta koeajoihin.....	20
3.1.1	<i>Valitut raaka-aineet</i>	21
3.1.2	<i>Raaka-aineiden hintavertailu tuotteissa</i>	21
3.2	Koeajot	23
4	Tulokset	26
4.1	Koeajo 1 - Plastiblow	26
4.1.1	<i>Taulukko ensimmäisistä koeajoista</i>	27
4.2	Koeajo 2 – Bekum	31
4.2.1	<i>Vertailu nykyiseen öljy-pohjaiseen 5200, 2l kastelukannuun</i>	33
5	Keskustelu ja ratkaisut	35
6	Viitteet	37
	<i>Kirjat</i>	37
	<i>Internet</i>	37

Kuvat

Kuva 1. 1990 luvun shampoopullo ja sen hajoaminen. [19]

Kuva 2. Bio-PE pulloja [20]

Kuva 3. Sokeriruokoja [20]

Kuva 4. Ekstruusiopuhallusmuovaus-tekniikka [25]

Kuva 5. Plastexin tuote 6448 (kuvaaja, Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 6. Plastexin tuote 5200 (kuvaaja, Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 7. Plastiblow-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 8. Plastiblow-kone edestä (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 9. Bekum-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 10. Bekum-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)

Kuva 11. Tuote 6448, tehty cereplast 2001 muovista. (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Kuva 12. Tuote 6448, tehty cereplast 2002D muovista (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Kuva 13. Plastexin 5200 2l kastelukannu [21]

Kuva 14. Plastexin tuote 5200, tehty Braskem HDPE sgf 4960 muovista.

(kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Kuva 15. Vertailukuva 5200 kastelukannuista. (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Kuva 16. Plastex design kastelukannu [22]

Taulukot

Taulukko 1 , Raaka-aineiden ryhmät (Kenneth Oldenburg)	10
Taulukko 2 , Mahdolliset raaka-aineet (Kenneth Oldenburg [9-17])	17
Taulukko 3 , Taulukko valituista raaka-aineista (Kenneth Oldenburg [9-13])	18
Taulukko 4 , tuotteen 6448 hintavertailu (Kenneth Oldenburg)	19
Taulukko 5 , Tuotteen 5200 hintavertailu (Kenneth Oldenburg)	19
Taulukko 6 , Koeajo 1 Biome (Kenneth Oldenburg)	24
Taulukko 7 , koeajo 1 Ecomann (Kenneth Oldenburg)	24
Taulukko 8 , Koeajo 1 Cereplast compostable 2001 (Kenneth Oldenburg)	25
Taulukko 9 , Koeajo 1 Cereplast compostable 2002D (Kenneth Oldenburg)	26
Taulukko 10 , Koeajo 1 Braskem HDPE sgf 4960 (Kenneth Oldenburg)	27
Taulukko 11 , Koeajo 2 Braskem HDPE sgf 4960 (Kenneth Oldenburg)	29
Taulukko 12 . Marlexin ja Braskemin ominaisuuksien vertailu. (Kenneth Oldenburg)	31

1 JOHDANTO

Muovi on tunnettu materiaali kaikkialla, niin teollisuudessa, rakennuksissa, kodeissa, autoissa kuin leluissa. Muovia on käytetty jo vuosikymmeniä, ja sen käyttö lisääntyy jatkuvasti. Muovia käytetään niin paljon, että ihmiset eivät edes ajattele missä kaikessa muovia käytetään.

Koska perinteinen muovi on valmistettu öljystä ja öljyvarannot ovat rajalliset, muita raaka-ainevaihtoehtoja tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti. Monet yritykset yrittävät valmistaa ekologisempia tuotteita, ja tekevät paljon tuotekehitystä sen eteen. Yksi vaihtoehto on biomuovit, ja uskon, että ne ainakin osittain korvaavat perinteisen muovin. Biomuoveja kehitetään jatkuvasti ja niiden laatu paranee koko ajan. Biomuovit on valmistettu uusiutuvista luonnonvaroista, ja osa biomuoveista on biohajoavia.

1.1 Työn tausta ja tavoite

Työn tavoite on löytää uusiutuvista luonnonvaroista vaihtoehtoinen raaka-aine nykyisille öljypohjaisille raaka aineille. Vaihtoehtoisen raaka-aineen olisi hyvä olla biohajoava. Ensiksi on tarkoitus tutkia raaka-aineiden ominaisuuksia ja kartoittaa, mitkä olisivat sopivia Plastexin tuotantoon, niin koneisiin kuin tiettyihin tuotteisiin. Sen jälkeen Plastexin tehtaalla suoritetaan koeajot valituilla raaka-aineilla ja tutkitaan niiden toimivuutta tuotantokoneissa ja tuotteissa. Raaka-aine ei korvaisi nykyisiä raaka-aineita kokonaan, vaan tulisi mahdollisesti tiettyihin tuotteisiin, jotta olisi tieto, mitä toimenpiteitä pitää tehdä, jos haluaa käyttää biomuoveja tuotannossa. Tarkoitus olisi, että toimintaprosessi uuden raaka-aineen kanssa olisi yhtä varma kuin nykyisenkin. Biomuovit ovat hieman kalliimpia kuin öljypohjaiset muovit. Tavoitteena olisi löytää biomuovi, joka täyttäisi kaikki edellä mainitut kriteerit eikä nostaisi tuotteen valmistushintaa liikaa.

1.2 Oy Plastex Ab

Plastex on perustettu 1936 ja on yksi johtavista suomalaisista puhallusmuovattujen tuotteiden valmistajista sekä merkittävä ruiskuvalutuotteiden tuottaja. Jo neljännessä sukupolvessa toimiva perheyritys valmistaa erikokoisia puhallusmuovattuja tuotteita 100 litran kokoluokkaan asti.

Käyttötavaroissa Plastex on tuotteiden kehittäjä, valmistaja ja tukkutoimittaja Suomen suurimmille vähittäiskaupan keskusliikkeille. Teknisessä sopimusvalmistuksessa Plastex on oman osaamisalansa arvostettu ja yhteistyökykyinen asiakasratkaisujen toteuttaja. Yrityksessä on käytössä SFS-EN ISO 9001:2008 -standardiin perustuva sertifioitu laatu järjestelmä.

Plastexin pääasiakkaat toimivat Suomessa mutta noin 8 % liikevaihdosta on vientiä muun muassa Ruotsiin ja Norjaan. Liikevaihdon kasvattamiseksi ja kannattavuuden parantamiseksi yritys on aloittanut merkittävän kasvun ulkomailla. Tarkoituksena on kasvattaa tuotteen lisäarvoa muotoilulla, kehittyvällä design-brändillä sekä uusilla ekologisilla muovimateriaaleilla.

2 KIRJALLISUUS TUTKIMUS

2.1 Biomuovit - Mitä ne ovat?

Taulukko 1, Raaka-aineiden ryhmät (Kenneth Oldenburg)

Biopohjainen	1. Tärkkelys PLA PHA	2. Biopohjaiset: PE, PP, PA11, PET, etc.
Öljypohjainen	3. PVA PCL PBS	4. PE, PP, PC, PVC, PET, ABS, PA, etc.
	Biohajoava	Ei biohajoava

1. Biopohjaiset ja biohajoavat muovit
2. Biopohjaiset muovit
3. Öljypohjaiset, biohajoavat muovit
4. Öljypohjaiset, tavalliset muovit

Biomuovi on käsite, jota käytetään laajasti. Se ei ole täysin yksiselitteinen vaan käsittää monta muoviryhmää. Kaksi pääryhmää on biopohjaiset muovit (valmistettu uusiutuvista materiaaleista) ja biohajoavat muovit. Useat biomuovit sijoittuvat molempiin ryhmiin.

Biopohjaisissa muoveissa on keskitettävä huomio siihen, että ne on valmistettu uusiutuvasta materiaalista raakaöljyn sijaan, joka on rajallinen luonnonvara.

Biohajoavat muovit on luokiteltu sen mukaan, millä tavalla niistä pääsee eroon. Raaka-aineet hajoavat tietyissä olosuhteissa hiilidioksidiksi (CO₂), vedeksi ja biomassaksi. [1-2]

2.1.1 Biopohjaiset muovit

Muovit sisältävät normaalisti makromolekyylejä, jotka pääsääntöisesti koostuvat hiilestä [C], vedystä [H] ja muista komponenteista, kuten hapesta ja typestä. Jos hiilen alkuperä on fossiilinen, puhutaan perinteisestä muovista.

Biopohjaisissa muoveissa hiili tulee nopeasti uusiutuvista lähteistä, kuten erilaisista hedelmistä tai niin sanotuista ylijäämätuotteista, kuten ruo'osta tai lehdistä. [1]

2.1.2 Biohajoavat muovit

Aine tai materiaali on biohajoava jos sen maatumisen aiheuttavat mikro-organismit, kuten bakteerit, alkueläimet, sienet tai entsyymit. Mikro-organismit käyttävät materiaalia ravintoaineena tai ravinnonlähteenä. Hajonneesta materiaalista ylijäävä osa on hiilidioksidia, vettä, mineraalisuolaa ja biomassaa. [1]

2.2 Biopohjaiset muovit – Miksi?

Tässä esitetään kaksi asiaa, jotka ovat tärkeämpiä kuin muut, kun mietitään, miksi pitäisi tuottaa muovituotteita uusiutuvista luonnonlähteistä. Ensiksi öljy on luonnonvara, jota on rajallinen määrä, ja toiseksi useimmat asiantuntijat ovat yksimielisiä siitä, että fossiilisista raaka-aineista valmistettujen tuotteiden polttaminen vaikuttaa kasvihuoneilmiöön ja saattaa olla merkittävä ilmastonmuutostekijä.

Öljyn hinta

Se, että raakaöljy on rajallinen luonnonvara ja että sen hinta on nousussa, ei pelkästään näy huoltoasemilla. Vuosien 1998 ja 2012 välillä raakaöljyn hinta on noussut 15 USD:sta/bbl (1/1998) 113 USD:iin/bbl (1/2012). Tämä on noin seitsenkertainen hinnannousu 14 vuodessa.

Nykyään muovin tuottaminen kattaa vain noin 4–7 % öljyn kokonaiskulutuksesta. Tämä tarkoittaa sitä, että öljypohjaisten muovien korvaaminen uusiutuvista luonnonvaroista valmistetuilla muoveilla ei pelastaisi öljyvarantojen riittävyyttä. Muovituotteiden hinta ei kuitenkaan enää olisi niin riippuvainen öljyn hinnasta, kun muovi valmistettaisiin uusiutuvista luonnonvaroista. [1,3]

Ilmasto

On laajalti tunnustettu tosiasia, että fossiilisen polttoaineen polttaminen aiheuttaa CO₂-päästöjä, ja tämä CO₂ sisältää niin sanottua kasvihuonekaasua, joka vaikuttaa ilmastoon ja ilmaston lämpenemiseen.

Tuotteet, jotka on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista, voivat poltettaessa päästää luontoon enimmillään saman määrän CO₂:ta kuin on imeytynyt kasvin kasvaessa. Tämä pätee kaikkiin biopohjaisiin muoveihin, biopolttoaineisiin ja pelletteihin. Tästä näkökulmasta katsottuna biomuovit ovat ilmastoneutraaleja. Tuottamiseen menee kuitenkin energiaa, niin peltojen hoitamiseen, sadonkorjuuseen, muovin prosessointiin kuin kuljetuksiin. Tästä näkökulmasta taas biomuovikin vaikuttavat ilmastoon. [1]

2.3 Uusiutuvat luonnonvarat

Aluksi muovit valmistettiin uusiutuvista luonnonvaroista. Sitten käytettiin vuosikymmeniä öljyä muovin valmistusaineena. Nyt on tullut trendi käyttää uusiutuvia luonnonvaroja, ja muovia valmistetaan joko osittain tai kokonaan uusiutuvista luonnonvaroista. Uusiutuvat raaka-aineet ovat rajallisia mutta uudelleenkasvavia luonnonvaroja. Verrattuna fossiilisiin varoihin, joiden muodostuminen vaatii miljoonia vuosia, uusiutuvia

luonnonvaroja voidaan kasvattaa joka vuosi (esim. viljat) tai muutaman vuoden välein (esim. puut) ja niiden kasvattamiseen voidaan käyttää samaa aluetta.

Biopohjaisia muoveja voi valmistaa monesta erilaisesta kasvipohjaisesta raaka-aineesta. Uusiutuvat luonnonvarat, joita nykyään käytetään, ovat pääsääntöisesti peräisin maanviljelyksestä tai metsätaloudesta. Suurin osa biomuovin tuotantotekniikoista on suunnattu kasveihin, joiden hiilihydraattipitoisuus on suuri, kuten viljaan ja sokeriruokoon. [4]

2.4 Mahdollisia biomuoveja puhallusmuovaus tuotteisiin

Materiaalit, joita käsitellään tässä kappaleessa, ovat parhaiten soveltuvia puhallustuotteisiin. Kappaleessa käsitellään kolme muovia, PLA, PHA ja Biopohjainen HDPE.

2.4.1 Polylactidi (PLA)

Polylaktidi on tärkein markkinoilla oleva biomuovi. Maitohappo on pääsääntöisesti valmistettu fermentoimalla sokeria tai tärkkelystä mikro-organismien avulla.

Maailman ensimmäinen iso PLA:n tuotantoyksikkö (vuosikapasiteetti 140 000 tonnia) aloitti tuotannon USA:ssa 2002. Sen jälkeen teollisia PLA:n tuotantolaitoksia on avattu Alankomaissa, Japanissa ja Kiinassa.

PLA-muovin edut ovat sen jäykkyys, tiettyjen laatuojen läpinäkyvyys, termoplastisuus ja sen prosessoitavuus nykyisillä laitteilla muovituotetehtaissa. PLA:ta ja PLA-sekoituksia on saatavilla rakeisessa muodossa, erilaatuisina, käytettäviksi muovituotetehtaissa kalvotuotantoon, valettuihin tuotteisiin, juomakanistereihin, kuppeihin, pulloihin ja muihin jokapäiväisiin tuotteisiin. Materiaali soveltuu niin kertakäyttö- kuin kestotuotteisiin.

PLA tai sen sekoitukset ovat rakenteesta riippuen joko nopeasti, hitaasti tai ei ollenkaan biohajoavia. Tässä näkyy materiaalin monimuotoisuus. Sitä voidaan käyttää niin, että se hajoaa nopeasti tai sitä voidaan käyttää vuosia. [1,6,8]

2.4.2 Polyhydroksi alkanooatit (PHA)

Tärkkelys ja muut karbonaatteja sisältävät aineet voidaan muuntaa biomuoveiksi fermentoimalla ja mikro-organismien avulla. Esimerkkinä ovat polyhydroksialkanooatit (PHA) tai polyhydroksirasvahapot, jotka ovat sukua polyesterille.

Jo 1990-luvulla PHA-muovista valmistettiin shampoopulloja, jotka olivat kaupoissa myynnissä. Ne ovat sittemmin kadonneet valikoimista.



Kuva 1. 1990-luvun shampoopullo ja sen hajoaminen. [19]

PHA-muovit ovat pääsääntöisesti kalvo- ja ruiskuvalulaatua, mutta ovat myös lisääntyneet ekstruusio- ja puhallusmuovauslaaduissa. Polyhydroksialkanooateilla on erityinen ominaisuus, ne voidaan kompostoida teollisessa kompostissa, biokaasulaitoksessa, kotikompostissa, mullassa tai meressä yhtä nopeasti ja 100 %:sesti. [1,5,8]

2.4.3 Biopohjainen polyeteeni

Polyeteeni on yksinkertaisin ja maailmanlaajuisesti eniten käytetty muovi. Sen käyttömahdollisuudet ovat todella laajat; sitä käytetään muun muassa kalvoissa, puhallusmuovaustuotteissa, kuten shampoopulloissa ja polttoainesäiliöissä, ruiskuvalutuotteissa ja ekstruusiossa, esimerkiksi putkissa ja profiileissa.

Polyeteeniä voidaan valmistaa petrokemiallisesti polymeroimalla etyleenikaasua. Tämä kaasu on valmistettu höyrykrakkaamalla erilaisia hiilivetyjä, esimerkiksi polttoöljyä, etaania tai propaania.

Toinen tapa valmistaa monomeeriä etyleeniä on dehydroida etanolia. Tätä tapaa käytettiin aluksi polyeteenin valmistamiseen ennen kuin oli mahdollista valmistaa etanolikaasua petrokemiallisesti. Jos pidetään mielessä muovin tuottaminen uusiutuvista luonnonvaroista, niin esimerkiksi Brasiliassa on tuotettu fermentointiprosessilla bioetanolia jo vuosia sokeriruo'osta. Tästä bioetanolista voidaan valmistaa eteeniä ja siitä edelleen biopolyeteeniä. Brasiliassa on tällä hetkellä maailmanlaajuisesti merkittävä tuotantokapasiteetti. [1,7,8]



Kuva 2. Bio-PE-pulloja [20]

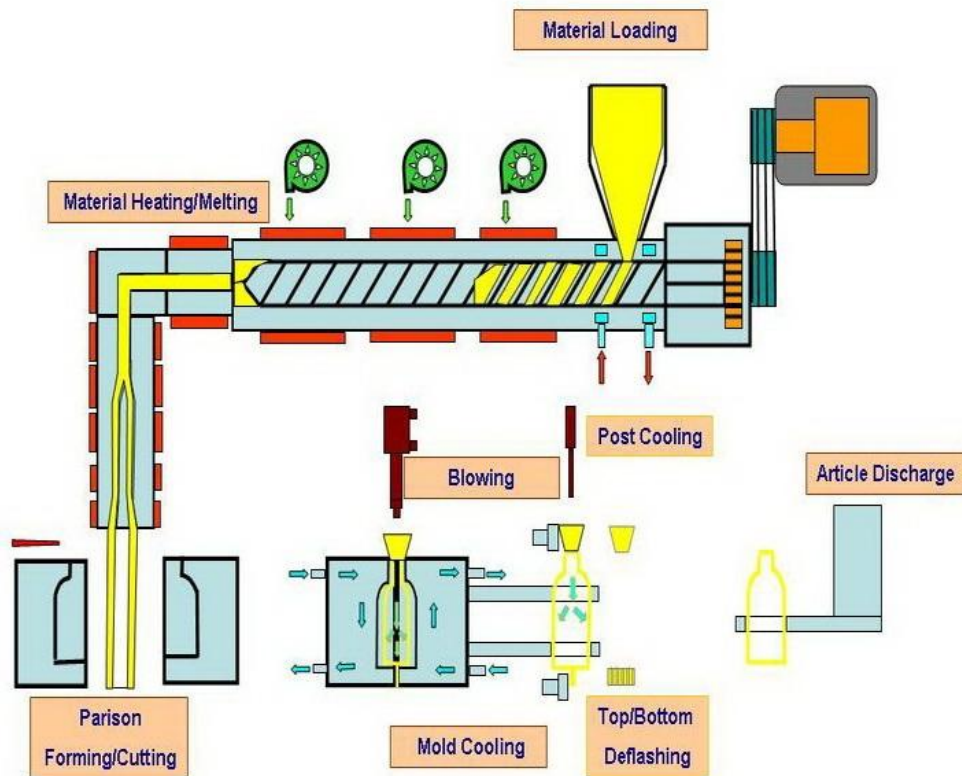


Kuva 3. Sokeriruokojen bambu [20]

2.5 Ekstruusiopuhallusmuovaus

Ekstruusiopuhallusmuovaamalla valmistetaan onttoja muovituotteita pakottamalla muovattavassa tilassa oleva aihio ulkoisen muotin mukaisiin muotoihin. Puhallusmuovaustekniikka on tarkoitettu erityisesti ohutseinäisten onttojen tuotteiden tekoon. Tekniikka antaa suunnittelijalle vapaammat kädet tuotteiden muotoilun suhteen, koska tuotteen sisäpuolta ei tarvitse suunnitella. Toisaalta seinämän vahvuus ei ole täysin kontrolloitavissa ja seinämänpaksuuksien hallinta on vaikeaa.

Puhallusmuovausmenetelmässä muovi sulatetaan lämmön ja paineen avulla ekstruuderissa. Ekstruuderin on vaakatasossa, sen päässä on kulma joka kääntää muovin virtaus suunnan niin että se tulee suoraan alaspäin, muottia kohti. Kulman päässä on suutin joka on kahdesta osasta, ulko- ja sisäosasta, niiden välinen rako määrittää aihion tai muoviletkun paksuuden. Aihio menee muottipuolikkaiden väliin, muotti sulkeutuu ja sulkee letkun alapään. Letkun sisään puhalletaan paineilmaa puhallustapilla, joka venyttää muovia muotin muotoiseksi. Muovi jäähtyy samalla kun paineilma pakottaa sen vasten kylmää muottia. Kun tuote on jäähtynyt, tuote on viimeistelyä vaille valmis. [18,19]



Kuva 4, Ekstruusiopuhallusmuovaus-tekniikka [25]

3 MENETELMÄ

Ennen koeajoja eri raaka-aineilla, on tutkittava niiden ominaisuuksia ja sitä, ovatko ne prosessoitavia ekstruuderipuhallusmuovauskoneissa. Suurin osa Plastexin nykyisistä tuotteista on valmistettu Marlexin 50100 PE-HD -raaka-aineesta. Tavoitteena olisi löytää biohajoava tai biopohjainen muovi, joka olisi ominaisuuksiltaan lähellä tätä. Sulaindeksi on yksi tärkeä ominaisuus, koska jos raaka-aine on liian juoksevaa lämpimänä, sen prosessointi on vaikeaa tai mahdotonta.

Sulaindeksi (MFI(melt flow index)) on sulan termoplastisen polymeerin juoksevuuden mittaustapa. Sulaindeksi on se polymeerimäärä, mikä valuu standardoidun kokoisesta aukosta standardoidussa lämpötilassa standardoidun voiman alaisena 10 minuutissa. Menetelmällä testataan usein polyolefiinejä, polyeteeniä 190 °C asteessa ja polypropeenia 230 °C asteessa. Menetelmä on yksinkertainen ja nopea. Tästä syystä menetelmä on teollisuudessa erittäin käytetty. [20]

Biomuovin on soveltuva sekä puhallusmuovaukseen että Plastexin tuotteisiin. Biohajoavia ja biomuoveja on paljon, mutta ekstruusiopuhallusmuovaukseen tarkoitettuja ei ole kovinkaan monta. Ensimmäinen raaka-aineessa katsottava asia on, miten se käyttäytyy lämpimänä tullessaan ulos ekstruuderista, eli onko tuotteen valmistaminen edes mahdollista. Toinen tärkeä asia on, minkälainen muovi on, eli täyttääkö se tuotteen kaikki fyysiset ja kemialliset vaatimukset.

Tutkiessani eri vaihtoehtoja löysin internetsivun, josta oli todella suuri apu, Ides.com. Sieltä löytää suuren osan kaikista biomuoveista ja tietoa niiden ominaisuuksista. Kysyin myös suoraan biomuovin välittäjiltä mielipiteitä muoveista ja tietoa niiden saatavuudesta. Monilla biomuovin valmistajilla puhallusmuovaukseen soveltuva biomuovi oli vasta työn alla.

Tutkimalla ominaisuuksia tein listan prosessiin soveltuvista biomuoveista, joista valitaan koeajettavat biomuovit.

Taulukko 2, Mahdolliset raaka-aineet (Kenneth Oldenburg)

item no.	Density	Melt flowrate	Tensile stress	Tensile elongation	Flexural modulus	Biopohjainen	Biohajoava
Unit	g/cm ³	g/10min	MPa	%	MPa		
		190°C /2,16kg					
Ecomann EM30000 [12]	1,24	5	25	130	1300	x	x
Biome gs 2189 [13]	1,3	5	40	25	1700	x	x
Cereplast compostable 2001 [10]	1,25	3	55	500	2500	x	x
Cereplast compostable 2002D [11]	1,23	3	65	500	2700	x	x
Braskem HDPE sgf 4960 [9]	0,961	3,4	32	600	1416	x	-
Fkur bio-flex F2110 [15]	1,27	3	20	730	680	x	x
Cardia Compostable B-F [14]	1,2	4	20	500	640	x	x
Novamont materbi AB 05 H [16]	1,28	3	19	160	600	x	x
Nature works ingeo 7001D [17]	1,24	6	30	150	1800	x	x

3.1 Raaka aineiden valinta koeajoihin

Biomuoveja valittaessa mietittävät seikat:

- Soveltuvuus puhallusmuovauskoneeseen
- Ajamisen suhteellinen tehokkuus
- Moitteeton toimiminen
- Biomuovin vastaavuus nykyisen raaka-aineen kanssa ja lopputuotteessa
- Raaka-aineen hinta
- Jaksoajan todennäköinen piteneminen ja ajamisen vaikeutuminen

3.1.1 Valitut raaka-aineet

Taulukko 3, Taulukko valituista raaka-aineista (Kenneth Oldenburg)

Item no.	Density	Melt flowrate	Tensile stress	Flexural modulus	Biopohjainen	Biohajoava
Unit	g/cm ³	g/10min	MPa	MPa		
		190/2,16kg				
Nykyään käytössä olevat öljypohjaiset raaka-aineet						
Marlex 50100, HD-PE	0,948	1	25	1200	-	-
Lyonellbasell purell 3020D, PE-LD	0,927	3	15,2	414	-	-
Valitut Raaka-aineet						
Ecomann EM 30000 [12]	1,24	5	25	1300	x	x
Biome gs 2189 [13]	1,3	5	40	1700	x	x
Cereplast compostable 2001 [10]	1,25	3	55	2500	x	x
Cereplast compostable 2002D [11]	1,23	3	65	2700	x	x
Braskem sgf 4960 [9]	0,96	3,4	32	1416	x	-

3.1.2 Raaka-aineiden hintavertailu tuotteissa

Plastex ei halunnut julkaista tarkkoja tietoja muovien ja tuotteiden hinnoista, joten tehtiin vertailu, paljonko tuotteen valmistaminen nykyisellä PE-HD-muovilla maksaa ja paljonko se maksaa eri biomuoveilla. Nykyisen tuotteen hinta on aina 1, joten taulukosta näkee, kuinka paljon uudella muovilla tuotettu tuote on suhteessa kalliimpi.

Taulukko 4, tuotteen 6448 hintavertailu (Kenneth Oldenburg)

Tuote	Raaka-aine	Hinta
6448	Nykyisellä: Marlex 50100 HDPE	1
6448	Braskem HDPE sgf 4960	1,31
6448	Cereplast compostable 2001	1,65
6448	Cereplast compostable 2002D	1,89
6448	Biome gs 2189	1,41
6448	Ecomann EM 30000	1,72

Taulukko 5, Tuotteen 5200 hintavertailu (Kenneth Oldenburg)

Tuote	Raaka-aine	Hinta
5200	Nykyisellä: Marlex 50100 HDPE	1
5200	Braskem HDPE sgf 4960	1,27
5200	Cereplast compostable 2001	1,56
5200	Cereplast compostable 2002D	1,75
5200	Biome gs 2189	1,35
5200	Ecomann EM 30000	1,61

Kuten taulukoista selviää, halvin biomuovi nostaa tuotteen hintaa kertoimella 1,27 ja kallein kertoimella 1,89. Hintavertailussa on otettu huomioon kaikki tuotteen valmistuskustannukset, ja muovin hinta on ainoa vaihtuva tekijä. Toinen mahdollinen hintaa nostava tekijä olisi, jos tuotetta ei pystyisi ajamaan yhtä nopeasti kuin tavallisella muovilla. Tuotteen paino on kolmas tuotteen hintaan vaikuttava tekijä. Monen biomuovin tiheys on suurempi kuin HDPE-muovin. Tämän takia lopputuotteen paino on mitä luultavimmin hieman suurempi, mikä nostaisi tuotteen hintaa. Näissä taulukoissa hinta on laskettu siten, että tuote olisi valmistettu eri muovilaaduista samalla vauhdilla ja painolla.

3.2 Koeajot

Koeajojen koko idea on löytää Plastexin tuotteille sopiva biomuovi vaihtoehdoksi nykyiselle, perinteiselle muoville. Koeajot suoritetaan Plastexin tuotteille Plastexin tehtaalla. Ensiksi koeajot tehdään pienellä puhallusmuovauskoneella yksinkertaiselle ja pienelle tuotteelle. Sen jälkeen suoritetaan uudet koeajot isommalla puhallusmuovauskoneella monimutkaisemmalle ja isommalle tuotteelle. Mikäli biomuovi soveltuu tähän tuotteeseen, sen pitäisi soveltua lähestulkoon kaikkiin PE-HD-muovista valmistettuihin tuotteisiin. Plastex käyttää tällä hetkellä raaka-aineena eniten PE-HD-muovia.

Ennen jokaista koeajoa koneiden ruuvit ja kulmapäät ajetaan tyhjiksi ja puhtaiksi, kaikki väri ajetaan pois. Näin koneesta tulee vain luonnonväristä raaka-ainetta. Tämän yhteydessä kulmapäät ja suuttimet avataan ja puhdistetaan, jolloin siellä ei ole roskia, metallia eikä palanutta muovia, jotka vaikuttaisivat koeajoihin.

Ennen koeajoa kone on säädettävä tuotteelle sopivaksi. Säättöarvoina on käytettävä niitä arvoja, joita käytetään normaalisti tuotetta sillä muovilla valmistettaessa. Koneen lämpötilat säädetään raaka-ainevalmistajan antamiin ohjearvoihin.

Koeajon aikana konetta säädetään ensiksi siten, että saadaan muovi käyttäytymään halutulla tavalla. Sitten konetta säädetään tuottamaan oikeanlainen ja -painoinen tuote. Kun tuote ja sen paino ovat hyvät ja kone käy moitteettomasti, säädetään jaksoaika niin nopeaksi kuin mahdollista, jotta tuote pysyy hyvänä.

Tuotteet joita koeajetaan:

6448 (ensimmäinen koeajo)



Kuva 5. Plastexin tuote 6448 (kuvaaja, Kenneth Oldenburg 2012)

5200 (toinen koeajo)



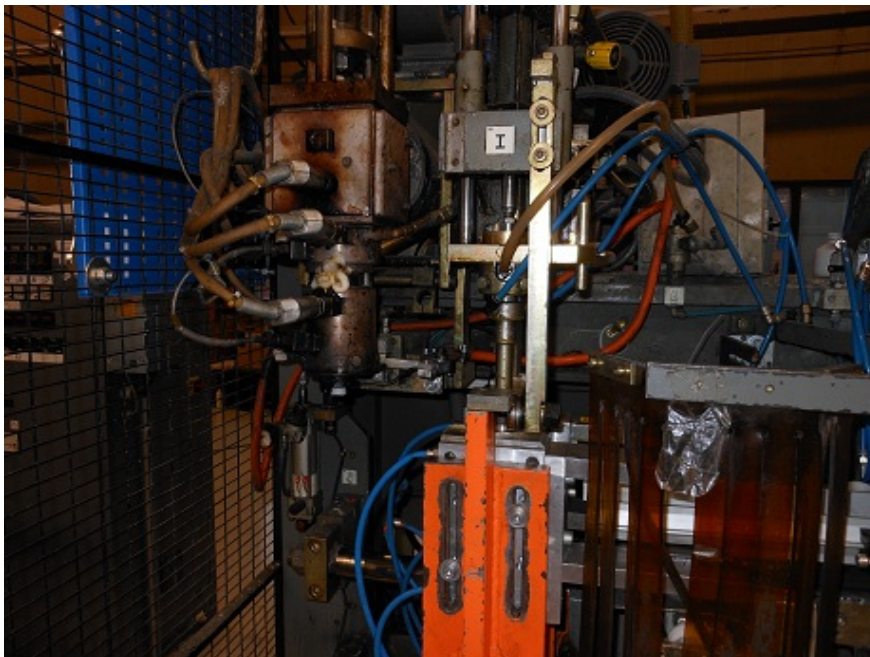
Kuva 6. Plastexin tuote 5200 (kuvaaja, Kenneth Oldenburg 2012)

Koneet jossa koeajot suoritetaan ovat:

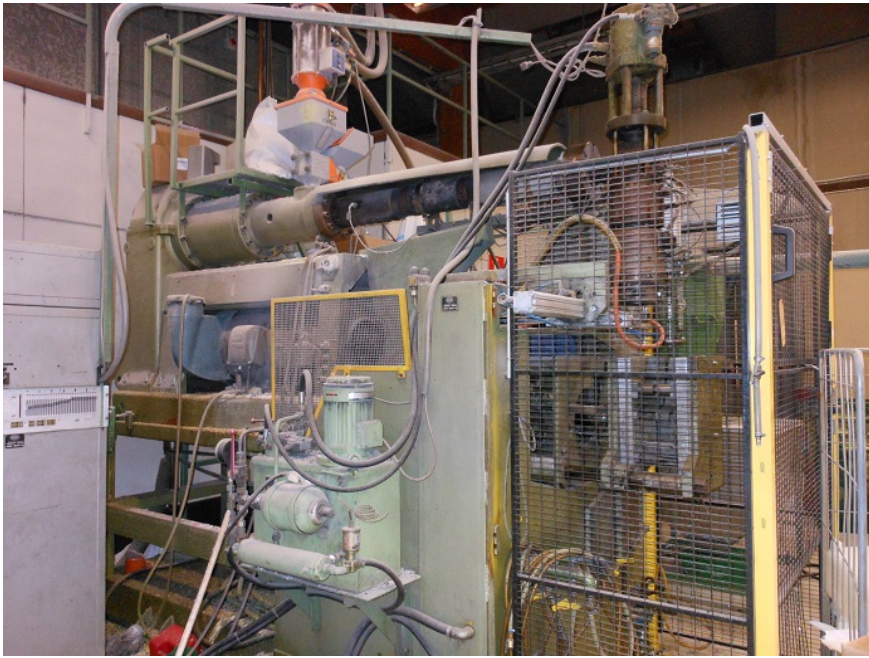
- PLASTIBLOW S-26 (ensimmäinen koeajo)
- BEKUM S-35 (toinen koeajo)



Kuva 7. Plastiblow-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)



Kuva 8. Plastiblow-kone edestä (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)



Kuva 9. Bekum-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)



Kuva 10. Bekum-puhallusmuovauskone (kuvaaja Kenneth Oldenburg 2012)

4 TULOKSET

4.1 Koeajo 1 - Plastiblow

Ensimmäisessä koeajossa suoritettiin alustava koeajo kaikilla valituilla raaka-aineilla. Ensimmäiset koeajot suoritettiin pienellä koneella (S-26, plastiblow) tuotteella 6449, joka on 2 dl:n yksinkertaisen muotoinen pullo. Tämä tuote on normaalisti todella helppo ajaa ja säätää hyväksi. Koneen lämpötilat muuttuvat nopeasti verrattuna isoihin koneisiin. Pieni kone on helpompi puhdistaa tai korjata, jos tarvetta ilmenee.

Näiden koeajojen perusteella biomuoveista valitaan parhaat uusiin koeajoihin.

Ensimmäisten testitulosten tärkeimmät tiedot ovat:

- Lämpötilat, joilla muovia pitää ajaa
- Muovi käyttäytyminen lämpimänä
- Muovin toimiminen prosessissa
- Prosessin kontrollointimahdollisuudet

4.1.1 Taulukko ensimmäisistä koeajoista

Biome gs 2189

Taulukko 6, Koeajo 1 Biome (Kenneth Oldenburg)

Lämpötilat	Syöttövyöhyke: 145°C	Suutin: 155°C
Muovin käyttäytyminen lämpimänä	Muovi tuli ulos koneesta melkein nestemäisenä. Alin lämpötila oli 145°C ennen kuin kitkalämpö alkoi nostaa lämpötilaa. Muovi oli vielä liian juoksevaa, eikä aihion seinäpaksuuden huomattava kasvattaminen auttanut.	
Toimivuus prosessissa	Aihio venyy tai katkeaa ennen kuin se saavuttaa vaaditun mitan. Tuotetta ei pysty ajamaan lainkaan.	
Prosessin kontrollointi	-	

Ecomann EM 30000, PHA

Taulukko 7, koeajo 1 Ecomann (Kenneth Oldenburg)

Lämpötilat	Syöttövyöhyke: 145°C	Suutin: 145°C
Muovin käyttäytyminen lämpimänä	Muovi tuli ulos koneesta liian juoksevana, vaikka oli alin lämpötila käytössä. Muovi alkoi venyä juuri ennen kuin se saavutti vaaditun mitan.	
Toimivuus prosessissa	Aihio venyy hieman ennen kuin se saavuttaa vaaditun mitan. Seinämäpaksuutta ei saatu tarpeeksi vahvaksi ja tasaiseksi. Pullot, jotka tulivat ulos koneesta, eivät täyttäneet vaatimuksia. Useaan pulloon tuli prosessin puhallusvaiheessa reikä, koska tuotteessa oli niin ohut kohta.	
Prosessin kontrollointi	Ei pystytty kontrolloimaan lainkaan eikä pystytty muokkaamaan pullon ominaisuuksia.	

Cereplast compostable 2001

Taulukko 8, Koeajo 1 Cereplast compostable 2001 (Kenneth Oldenburg)

Lämpötilat	Syöttövyöhyke: 160°C	Suutin: 165°C
Muovin käyttäytyminen lämpimänä	Muovi tuli ulos koneesta ihan hyvänä. Aihion seinämäpaksuutta pystyi muuttamaan eikä ruuvin nopeudella ollut suurta merkitystä aihion ominaisuuksiin.	
Toimivuus prosessissa	Lämpöveitseen, joka katkaisee aihion, palaa vähän biomuovia kiinni, joten pidemmissä sarjoissa se piti välillä puhdistaa. Kylmä veitsi toimisi paremmin. Jos muovia jäi hetkeksikään ruuviin, kun se oli pysähdyksissä, muovi meni melkein nestemäiseksi. Uutta muovia piti ajaa ruuvin läpi ennen kuin pystyttiin jatkamaan tuotteen ajamista.	
Prosessin kontrollointi	Pystyttiin hyvin muokkaamaan; painoa oli helppo muokata ja koko prosessin sai toimimaan suhteellisen helposti. Toimi hieman paremmin kuin Cereplast compostable 2002D	



Kuva 11. Tuote 6448, tehty cereplast 2001- muovista. (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Cereplast compostable 2002D

Taulukko 9, Koeajo 1 Cereplast compostable 2002D (Kenneth Oldenburg)

Lämpötilat	Syöttövyöhyke: 160°C	Suutin: 170°C
Muovin käyttäytyminen lämpimänä	Muovi tuli ulos koneesta ihan hyvänä. Muovin pinta oli huono, jos suuttimen lämpötila oli alle 170°C. Aihion seinämäpaksuutta pystyi muuttamaan eikä ruuvin nopeudella ollut suurta merkitystä aihion ominaisuuksiin.	
Toimivuus prosessissa	Prosessia piti ajaa hieman hitaammin kuin normaalilla muovilla. Lämpöveitseen, joka katkaisee aihion, palaa vähän biomuovia kiinni, joten pidemmissä sarjoissa se piti välillä puhdistaa. Kylmä veitsi toimisi paremmin. Jos muovia jäi hetkeksikään ruuviin, kun se oli pysähdyksissä, muovi meni melkein nestemäiseksi. Uutta muovia piti ajaa ruuvin läpi ennen kuin pystyttiin jatkamaan tuotteen ajamista.	
Prosessin kontrollointi	Prosessin sai toimimaan suhteellisen helposti ja tuotetta oli helppo muokata.	



Kuva 12. Tuote 6448, tehty cereplast 2002D-muovista (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Braskem HDPE sgf 4960

Taulukko 10, Koeajo 1 Braskem HDPE sgf 4960 (Kenneth Oldenburg)

Lämpötilat	Syöttövyöhyke: n Suutin: 175°C 180°C
Muovin käyttäytyminen lämpimänä	Muovi tuli todella hyvänä ulos koneesta. Verrattuna normaaliin HDPE-muoviin ei tarvinnut kuin vähän lisätä seinämäpaksuutta, koska biopohjainen HDPE on vähän juoksevampaa.
Toimivuus prosessissa	Toimi hyvin prosessissa, ei ongelmia. Käyttäytyi lähestulkoon kuin normaalisti käytössä oleva HDPE.
Prosessin kontrollointi	Prosessi toimi lähestulkoon samoilla arvoilla kuin normaalilla muovilla, ja oli samalla tavalla kontrolloitavissa.

Ensimmäisessä koeajossa huomasi heti, että tietyt biomuovit eivät toimineet ollenkaan. Ne tulivat ulos ruuvista melkein nestemäisinä eikä tuotetta pystytty valmistamaan. Lämpötiloja säädettiin ääriarvoihin saakka, mutta sekään ei auttanut tarpeeksi. Kelvollisen tuotteen sai aikaiseksi kolmesta biomuovista. Toisesta, laajemmasta koeajosta Plastexin kanssa keskusteltaessa otettiin huomioon nämä kolme biomuovia

Muovit joista käytiin keskustelua:

- Braskem HDPE sgf 4960
- Cereplast compostable 2001
- Cereplast compostable 2002D

4.2 Koeajo 2 – Bekum

Toiseen koeajoon valittiin ainakin aluksi vain yksi muovi, Braskem HDPE sgf 4960. Vaikka oli kaksi muutakin biomuovia, jotka toimivat suhteellisen hyvin ensimmäisessä koeajossa, tultiin kuitenkin siihen tulokseen, että ne olisivat liian vaikeasti prosessoitavissa niin helppossa tuotteessa. Toinen syy, miksi niitä ei koeajettu uudelleen, oli, että jo ensimmäisessä koeajossa näki tuli ilmi, että niiden tuominen tuotantoon ei olisi kannattavaa, koska se heikentäisi tuotantovarmuutta liikaa.

Toinen koeajo suoritettiin isommalla koneella ja tuotteella. Kun tuote on painavampi, myös aihio on painavampi. Tämä voi vaikuttaa siihen, että aihio alkaa venyä liian aikaisin ja siitä aiheutuu ongelmia tuotteen ajamiseen. Tuote on lisäksi paljon monimutkaisempi, ja toinen ongelma voi olla, miten muovi käyttäytyy puhallusvaiheessa muotin sisällä. Kun tuote on muodoltaan monimutkainen ja siinä on paljon yksityiskohtia, tuotteen seinämiin jää helposti ohuita kohtia. Tällöin se ei täytä tuotteen laatuksiteereitä, koska seinämäpaksuuden pitää olla melko tasainen. Jos tuotteessa on ohut kohta, tuote joustaa liikaa siitä kohdasta tai voi jopa haljeta tai murtua. Tuotetta ei voi myöskään ajaa liian paksuna, koska silloin osa ontoista kohdista täyttyy muovilla; tuotteessa pitää olla oikea määrä muovia oikeassa paikassa. Tämä tarkoittaa sitä, että aihioista pitää saada juuri halutunlainen.



Kuva 13. Plastexin 5200 2l kastelukannu [21]

Kuvasta näkee, että tuotteessa on paljon erilaisia muotoja ja yksityiskohtia. Tämä tuote on valmistettu perinteisestä HD-PE-muovista, johon on lisätty roosaa väriainetta.

Toisen testituloksen tärkeimmät tiedot ovat:

- Muovin toimivuus prosessissa
- Prosessin kontrollointimahdollisuudet
- Prosessin käyntivarmuus
- Tuotteen laatuksiteerien täytyminen

Braskem HDPE sgf 4960

Taulukko 11, Koeajo 2 Braskem HDPE sgf 4960 (Kenneth Oldenburg)

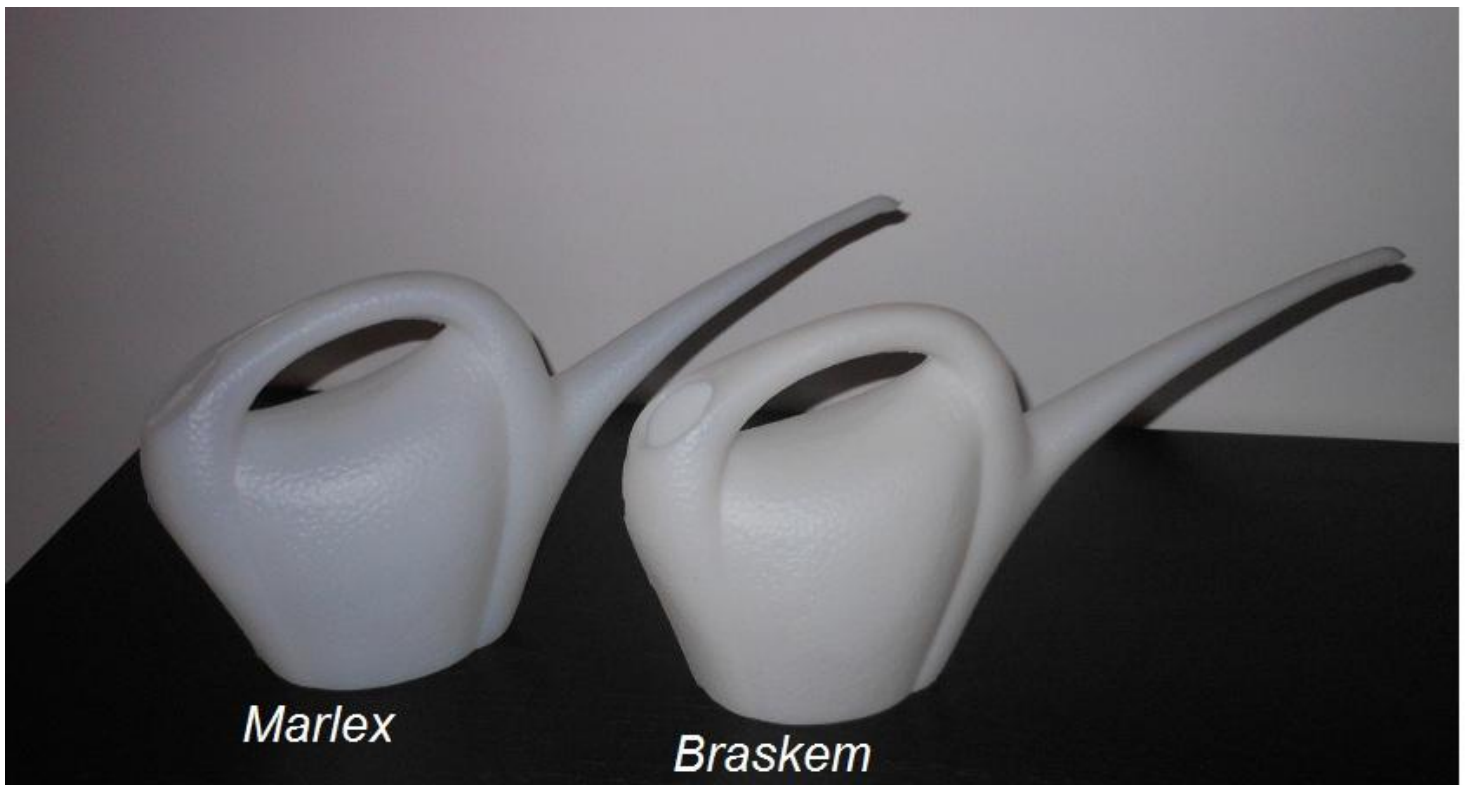
Toimivuus prosessissa	Muovi tuli todella hyvänä ulos koneesta. Verrattuna normaaliin HDPE-muoviin ei tarvinnut kuin lisätä vähän seinämäpaksuutta, koska bio HDPE on vähän juoksevampaa. Tavoitevauhti saavutettiin ja biomuovi toimi hyvin prosessissa.
Prosessin kontrollointi	Prosessi toimi lähestulkoon samoilla arvoilla kuin normaalilla muovilla ja oli samalla tavalla kontrolloitavissa.
Prosessin käynti varmuus	Koko prosessi toimi moitteettomasti. Ei ilmennyt biomuovista johtuvia virheitä.
Tuotteen laatu	Tuotteen laatu oli hyvä, seinämäpaksuus tasainen. Tuote piti ajaa hieman painavampana kuin normaalilla HDPE:llä.



Kuva 14. Plastexin tuote 5200, valmistettu Braskem HDPE sgf 4960 - muovista. (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

4.2.1 Vertailu nykyiseen öljy-pohjaiseen 5200, 2l kastelukannuun

Nykyinen 5200 tuote on valmistettu Marlex 50100 HD-PE -raaka-aineesta. Toinen vertailussa oleva kastelukannu on valmistettu biopohjaisesta Braskem HDPE sgf 4960 -muovista. Tässä vertailussa käydään läpi näiden kahden erot, mitä tulee ulkonäköön, ominaisuuksiin ja toimivuuteen prosessissa.



Kuva 15. Vertailukuva 5200 kastelukannuista. (kuvaaja Kenneth Oldenburg)

Ulkonäkö

Ulkonäöltään tuotteet ovat lähes identtiset. Molemmissa tuotteissa kaikki muodot ja reunat näkyvät samalla lailla, tekstit ja numerot näkyvät tuotteissa yhtä hyvin. Muovin pinta tuntuu samanlaiselta ja näyttääkin melkein samalta. Ainoa tuotteita ulkonäöllisesti erottava tekijä on pieni väriero. Braskemin biopohjaisesta muovista valmistettu tuote on hieman toista valkoisempi.

Ominaisuudet

Taulukko 12. Marlexin ja Braskemin ominaisuuksien vertailu. (Kenneth Oldenburg)

item no.	Density	Melt flow rate	Tensile stress	Flexural modulus	Biopohjainen	Biohajoava
unit	g/cm ³	g/10min	MPa	MPa		
		190/2,16kg				
Marlex 50100, HD-PE	0,948	1	25	1200	-	-
Braskem HDPE sgf 4960	0,96	3,4	32	1416	x	-

Taulukosta ilmenee, ettei ominaisuuksissa ole muita huomattavia eroja kuin sulaindeksissä. Tämä ero vaikuttaa siihen, kuinka juoksevana muovi tulee ulos suuttimesta. Jos muovi on liian juoksevaa, tuotteen ajaminen voi olla hankalaa tai lähes mahdotonta. Tässä tapauksessa muovi ei ollut liian juoksevaa, koeajossa huomattiin muovin toimivan hyvin. Peruspaksuutta piti vain lisätä, koska kun muovi on juoksevampaa, se tulee ohuempana ulos suuttimesta. Muuten muoveissa ei ollut huomattavia eroja ja tuote oli lähestulkoon samanlainen Braskemin biopohjaisella muovilla kuin Marlexin öljypohjaisella muovilla.

Toimivuus prosessissa

Braskemin HDPE toimi prosessissa hyvin. Kuten aikaisemmin mainittu, ainoa huomattava ero oli muovin viskositeetti. Tässä oli pienempi viskositeetti kuin Marlexin PE-HD muovissa. Kun kone oli koeajon alussa säädetty Marlex PE-HD -muovin mukaan, muovi tuli ulos ekstruuderista liian ohuena. Tämän sai sopivaksi säätämällä aihionperus paksuutta, mikä olikin ainoa suurempi säätömuutos, joka piti tehdä. Muuten oli vain pientä hienosäätöä, jotta tuotteen sai hyväksi.

Prosessi toimi muutenkin moitteettomasti, eikä lisännyt käyntihäiriöitä. Kun prosessi oli kunnolla käynnissä, tuote pysyi samanlaisena ja hyvänä. Braskemin HDPE muovilla saavutettiin Plastexin asettama tavoitevauhti, niin että tuote täytti kriteerit.

5 KESKUSTELU JA RATKAISUT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja koeajaa biomuoveja, jotka mahdollisesti soveltuisivat puhallusmuovaustuotantoon. Biomuoveja on paljon, mutta ekstruusiopuhallusmuovaukseen tarkoitettuja laatuja ei ole paljon, joten tutkimalla ominaisuuksia ja saatavuuksia piti kartoittaa, mitä muoveja koeajettaisiin Plastexin tehtaalla. Ensiksi oli tarkoitus koeajaa yhdeksää eri biomuovia, mutta keskusteluiden jälkeen Plastexin ja materiaalitoimittajien kanssa päädyttiin koeajamaan viittä eri biomuovia, Ecomann EM 30000, Biome gs 2189, Cereplast compostable 2001, Cereplast compostable 2002D ja Braskem HDPE sfg 4960. Lukuun ottamatta Braskem HDPE:tä kaikki olivat biohajoavia.

Koeajot suoritettiin kahdessa osassa, ensiksi pienellä koneella ja sitten isommalla. Koeajot aloitettiin pienellä koneella, koska siihen on tarvittaessa helpompi tehdä toimenpiteitä. Lisäksi pienellä koneella näkee hyvin, toimiiko biomuovi vai ei. Koeajot sujuivat hyvin ilman vaikeuksia.

Koeajojen tuloksiin oltiin sekä tyytyväisiä että hieman pettyneitä. Biohajoavien muovien koeajojen tuloksiin ei oltu tyytyväisiä, koska ne eivät toimineet toivotulla tavalla. Tavoitteena oli löytää biopohjainen muovi, joka mieluiten olisi biohajoava. Siltä osin tuloksiin ei oltu niin tyytyväisiä. Braskemin biopohjaisen polyeteenin tuloksiin oltiin tyytyväisiä. Prosessi toimi moitteettomasti, ja koneen vauhti saatiin Plastexin asettamaan tuotteen tavoiteaikaan. Tuote oli kaikin puolin hyvä, ja sen paino oli Plastexin laatimien ohjeiden mukainen.

Koska prosessi toimi Braskemin HDPE-muovilla samalla nopeudella ja tuote oli samanpainoinen kuin Marlexin PE-HD-muovilla, ainoa hintaan vaikuttava tekijä on raaka-aineiden hintaero. Braskemin biopohjainen HDPE on kaksi kertaa kalliimpaa kuin Marlexin öljypohjainen HDPE. Tämä ei kuitenkaan tee tuotetta kaksi kertaa kalliimmaksi,

vaan esimerkiksi tuote 5200 tuli 1,27 kertaa kalliimmaksi, kuten kappaleessa 3.1.1 on osoitettu.

Tämä hintaero ei ole suunnaton, mutta se vaikuttaa kuitenkin tietyissä tuotteissa huomattavasti tuotteen valmistuskustannuksiin. Täten biopohjaista muovia ei kannata käyttää kaikkiin tuotteisiin. Esimerkiksi pieniin pulloihin ja purkkeihin, joita tuotetaan todella paljon, hintaero vaikuttaa todella paljon. Kuitenkin esimerkiksi Plastexin design-tuoteryhmään tämä biopohjainen muovi voisi olla hyvä vaihtoehto. Koska tuotteen valmistuskustannukset ovat jo valmiiksi hieman korkeammat, raaka-aineen hintaero ei vaikuttaisi samalla tavalla. Muutenkin voisi olla hyvä asia, että design-tuotteet valmistettaisiin uusiutuvista luonnonvaroista.



Kuva 16. Plastex design kastelukannu [22]

Tässä kuvassa on Eero Aarnion suunnittelemat Evergreen-kastelukannut, jotka olisivat mahdolliset tuotteet Braskemin biopohjaiselle HDPE-muoville.

6 VIITTEET

Kirjat

[1] Michael Thielen, First edition 2012, *BIOPLASTICS-BASICS. APPLICATIONS. MARKETS*. Polymedia publisher, sivut 6-44.

[2] Sina Ebnesajjad. 21.9.2012, HANDBOOK OF BIOPOLYMERS AND BIODEGRADABLE PLASTICS. Plastics Design Library, sivut 1-23

Internet

[3] Öljyalan keskusliitto, 2012. Raakaöljyn kehitys. <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/13-raakaoljyn-hintakehitys>, luettu 13.9.2012.

[4] European bioplastics, 2011. Renewable resources for the production of bioplastics. Fact sheet. [Http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/fs/Renewable_resources_eng.pdf](http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/fs/Renewable_resources_eng.pdf), luettu 13.9.2012.

[5] Biomass magazine, 2008. Metabolix creates bioplastic from switchgrass. <http://biomassmagazine.com/articles/1908/metabolix-creates-bioplastic-from-switchgrass>, luettu 17.9.2012.

[6] L. Avérous, 2008. Polylactic Acid: Synthesis, Properties and Applications. <http://www.biodeg.net/fichiers/Polylactic%20Acid%20Synthesis%20Properties%20and%20Applications.pdf>, luettu 20.9.2012

[7] Bioplastics magazine, 2012. European Bioplastics: fivefold growth of the bioplastics market by 2012. http://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/121010_eb.php, luettu 20.9.2012

- [8] Wikipedia, 2012. Bioplastic. <http://en.wikipedia.org/wiki/Bioplastic>, luettu 10.9.2012
- [9] Ides, 2012. Braskem PE SGF4960.
<http://prospector.ides.com/datasheet.aspx?FMT=PDF&E=154863>, luettu 20.3.2012.
- [10] Cereplast, Inc, 2012. Cereplast sustainable 2001, fact sheet.
<http://www.cereplast.com/wp-content/uploads/Sustainable-2001TDS-5-10-12.pdf>
Luettu 11.3.2012.
- [11] Cereplast, Inc, 2012. Cereplast compostable 2002D, fact sheet.
<http://www.cereplast.com/wp-content/uploads/Compostable-2002D-TDS-rev-5-10-12.pdf>, Luettu 11.3.2012.
- [12] Ecomann, 2012. Ecomann Bioresin EM30000, fact sheet.
<http://www.ecomann.com/attachment/view/265332.pdf>, luettu 9.3.2012
- [13] Ides, 2012. Bioplast gs 2189, fact sheet.
<http://prospector.ides.com/datasheet.aspx?FMT=PDF&E=87640>, luettu 15.3.2012
- [14] Cardia bioplastics, 2011. Cardia Compostable B-F, fact sheet.
http://www.cardiabioplastics.com/uploads/110317_CBP_TECHNICAL_DATA_SHEET_-_Compostable_B-F_V3.pdf, luettu 22.3.2012.
- [15] Fkur, 2010. Bio-Flex F 2110, fact sheet.
http://www.fkur.com/fileadmin/user_upload/Produkte/bioflex/F2110/TD_BIO-FLEX_F_2110_EN.pdf, luettu 22.3.2012.
- [16] Ides, 2008. Materbi AB 05 H, fact sheet.
<http://prospector.ides.com/datasheet.aspx?FMT=PDF&E=11060>, luettu 19.3.2012.

[17] Ides, 2011. Ingeo 7001D, fact sheet.

<http://prospector.ides.com/datasheet.aspx?FMT=PDF&E=150057>, luettu 7.3.2012

[18] Teppo Vienamo, Sanna Nykänen, 2012. Puhallusmuovaus.

<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/47/80/>, luettu 3.11.2012.

[19] Wikipedia, 2012. Blow molding http://en.wikipedia.org/wiki/Blow_molding, luettu 7.10.2012.

[20] Wikipedia, 2012. Melt flow index. http://en.wikipedia.org/wiki/Melt_flow_index, luettu 8.10.2012.

Kuvat

[21] http://www.ccmr.cornell.edu/education/ask/images/140_plastic.jpg

[22] <http://www.braskem.com.br/catalogo2012/>

[23] http://www.plastex.fi/kukat_ja_puutarha.php

[24] http://www.plastexdesign.com/images/products/eg_iso_lime_2.jpg

[25] http://www.hipf.edu.sa/images/courses/blow_molding/Slide1.JPG