

WASTEAWAY

2018



A RULER
FOR EVERY
STUDENT

ONE PERSON'S TRASH IS ANOTHER'S TREASURE



WasteAway
Afvalverwerking in Kenia

Muima Industries
www.muima.nl
info@muima.nl

Marijn Duvekot
0629555907
Expert Reinoud de Klerk

Dhr. R. Gast
Dhr. N. Yperen

Calandlyceum
Amsterdam
2017-2018

Inleiding

Kenia is een land in het oosten van Afrika. Het land is ongeveer veertien keer zo groot als Nederland. Een groot probleem in Kenia is de enorme hoeveelheid afval. Alleen al in de hoofdstad Nairobi belandt dagelijks 3,2 miljoen kilo afval op straat. Dit brengt grote gezondheidsrisico's met zich mee. Wij hebben dit probleem met eigen ogen gezien. Met dit project zijn wij naar Kenia afgereisd en hier werden wij al snel geconfronteerd met de grote hoeveelheden zwerfafval. Voordat er met dit project werd begonnen hadden wij alleen de indrukwekkende verhalen van Stanja, die al eens eerder in Kenia was geweest, en de schokkende beelden van de NPO serie 'Trippers'. Zij hebben dit probleem in beeld gebracht door middel van een documentaire over het leven op de Dandora Dumpsite; de grootste vuilnisbelt van Kenia. In de documentaire wordt men hard geconfronteerd met het leven van mensen aan de andere kant van de wereld. Het is lastig voor te stellen, dat er mensen zijn die in deze omstandigheden kunnen en moeten leven. Aan de hand van deze combinatie van ervaringen en beelden is besloten dat de meesterproef te maken moest hebben met afvalverwerking in Kenia. Vervolgens is ervoor gekozen dat het project, naast het aanpakken van het afvalprobleem, nog een tweede doel moest hebben; een kleine economie creëren. Door dit te bewerkstelligen kunnen Kenianen zelf hun afval verzamelen, dit afval omzetten tot een nieuw product en deze verkopen. Zo ontstaan er banen en wordt tegelijkertijd het afvalprobleem aangepakt.

INHOUDSOPGAVE

Inhoud

1. Samenvatting	5
2. Initiatiefase	6
3. Product ontwikkeling	7
3.1 Onderzoeksfase	7
3.2 Opdrachtanalyse	11
3.3 Ontwerpfase	12
3.4 Testfase	21
3.5 Praktijkonderzoek	23
4. Resultaten	26
5. Discussie	31
6. Conclusie	33
7. Reflectie	34
8. Nawoord	36
9. Bijlagen	37

Samenvatting

Dit is een ontwerpverslag van de Meesterproef van Mayre Aarsen, Merit Schuurman, Roxanna Hageraats en Stanja van Kerkwijk. In deze meesterproef worden linialen van gerecycled plastic gemaakt in Kenia. Dit project wordt uitgevoerd voor Muima Industries, een Keniaans bedrijf dat samenwerkt met studenten van de TU Delft. In deze opdracht is eerst onderzoek gedaan naar een product dat economisch en maatschappelijk haalbaar is om in Kenia te produceren en verkopen. Uit dit onderzoek is gebleken dat een liniaal aan de gestelde eisen voldoet. In Kenia heerst zo'n grote armoede, dat het overgrote deel van de mensen bijna al hun geld aan eten uitgeeft. Eten kan helaas niet van gerecycled plastic worden gemaakt, dus is er gekeken naar de tweede prioriteit van de Keniaanse bevolking. De Keniaanse bevolking hecht namelijk erg veel waarde aan onderwijs voor hun kinderen. Er zijn verschillende producten bedacht, die in het Keniaanse schoolleven kunnen worden gebruikt én van plastic gemaakt kunnen worden. Uit al deze producten is de liniaal gekozen en verder uitgewerkt.

Vervolgens is er een ontwerp gemaakt voor de mal voor de liniaal. De mal moest aan de eisen van Muima voldoen, omdat de mal daadwerkelijk in de fabriek van Muima gemaakt zal worden tijdens een bezoek aan Kenia. Bij Muima Industries werken ze met een extruder, een machine die plastic snippers verwarmd waardoor ze smelten. Het gesmolten plastic wordt in een mal gespoten. Het grootste obstakel van de liniaal is de becijfering. Er zijn vier verschillende methodes bedacht om de becijfering op de liniaal te krijgen: stempelen, graveren, bestickeren en gebruik maken van een papierlaag. Deze vier methodes zijn in Nederland getest. Vervolgens zijn de graveer- en stickermethode meegenomen naar Kenia. In de fabriek van Muima zijn met behulp van de mallen 134 linialen gemaakt. Een deel van de linialen is bestickerd en een ander deel is gegraveerd. De linialen zijn op een basisschool in Kenia uitgedeeld en getest.

Initiatiefase

2.1 OPDRACHTGEVER EN EXPERT

- 2.1.1 Opdrachtgever

De opdrachtgever is het bedrijf Muima Industries dat wordt vertegenwoordigd door Marijn Duvekot. Muima Industries is een bedrijf, dat plastic afval van de Keniaanse straten verwerkt tot speelgoedautootjes en deze verkoopt in Nederland en Kenia. De Keniaan Wilson Mzungu, oprichter en eigenaar van de in Kenia gevestigde fabriek, is hier in 2003 mee gestart en heeft inmiddels twaalf werknemers in dienst. TU Delft studenten Marijn Duvekot en Reinoud de Klerk zijn in 2016 in contact gekomen met Wilson en zorgen sindsdien voor de verkoop van de autootjes in Nederland onder de naam Muima Industries. Eind 2017 heeft ook Sam van Houten zich bij het team aangesloten. Per dag worden er zo'n 600 autootjes verkocht en de opbrengst hiervan gaat terug naar de fabriek. Stagiaires van Muima Industries, tevens studenten van de TU Delft, hebben in 2017 een nieuwe fabriek ontworpen met verbeterde werkomstandigheden. Deze fabriek is begin 2018 in Kenia geopend. Dit project zullen zowel Wilson en zijn fabrieksmedewerkers als de studenten van de TU Delft een begeleidende rol hebben. De TU Delft studenten zullen zorgen voor de begeleiding in Nederland en de voorbereidingen in aanloop naar de reis gedurende het project. Wilson en zijn medewerkers zullen tijdens het bezoek aan Kenia voor opvang en ondersteuning in de fabriek zorgen.

- 2.1.2 Expert

De expert is Reinoud de Klerk, eveneens oprichter van Muima Industries. Samen met Marijn Duvekot is hij in 2017 voor een project van de TU Delft afgereisd naar Kenia om een nieuw product op de Nederlandse markt te brengen. Dit zijn de speelgoedautootjes uit de fabriek van Wilson Mzungu geworden. Naar aanleiding van dit project hebben zij Muima Industries opgericht. Op deze manier geven zij de Keniaanse fabriek naamsbekendheid in Europa en stimuleren zij de verkoop van de producten.

2.2 DE OPDRACHT

In dit project wordt een economisch en maatschappelijk haalbaar product van gerecycled plastic afval ontwikkeld dat in Kenia kan worden verkocht.

Product ontwikkeling

3.2 ONDERZOEKSFASE

• 3.2.1 Vooronderzoek

Van tevoren is er een onderzoek gedaan naar het onderwerp 'plastic afvalverwerking'. Er is onderzocht welk product gemaakt zou worden uit gerecycled plastic afval en of dit product bij de doelgroep aansluit. Dit leidde tot de volgende onderzoeksvraag: *Wat is het meest economisch en maatschappelijk haalbare product in Kenia dat geproduceerd kan worden door middel van het verwerken van plastic afval?* Ook was het van belang om kennis op te doen over welke manier het plastic verwerkt wordt en met welke plasticsoorten men het best kan werken. In het vooronderzoek is hier onderzoek naar gedaan.

• 3.2.1.1 De liniaal

Het product dat zowel economisch als maatschappelijk aan de meeste eisen voldeed is de liniaal. Dit product is afkomstig uit de categorie onderwijs. Uit figuur 1 volgt dat de liniaal de meeste pluspunten bevat als er gekeken wordt naar de eisen die zijn gesteld. Zo kan de liniaal van hard plastic worden gemaakt en is het haalbaar om hier een mal van te maken.

Maatschappelijk gezien is de liniaal zeker te verwerkelyken, aangezien onderwijs erg belangrijk is in een ontwikkelingsland als Kenia. Uit het interview met Wilson Mzungu, medeoprichter van Muima Industries, bleek dat de Keniaanse bevolking hun geld onder andere zou uitgeven aan het stimuleren van het onderwijs voor hun kinderen. Naast voeding is onderwijs een van de basisbehoeften voor de Keniaanse bevolking. Economisch gezien is de liniaal ook haalbaar. Per liniaal moet Muima $\pm 0,001$ betalen aan inkoopkosten. Hier komen nog productiekosten bij, maar deze inkoopkosten zijn zo laag, dat dit voor de Keniaanse bevolking betaalbaar is. De liniaal kan naast het onderwijs ook een belangrijke functie vervullen in het werkveld, zoals in de bouw.

Uit dit onderzoek is gebleken dat een liniaal het meest economisch en maatschappelijk haalbare product in Kenia is dat geproduceerd kan worden door middel van het verwerken van plastic afval.

• 3.2.1.2 De extruder

Vandaag de dag bestaan er al veel manieren van plastic afvalverwerking. Welke manier het best bij dit project past moest onderzocht worden. Er zijn verschillende methoden met elkaar vergeleken. De manier die uiteindelijk werd toegepast dit project was extruderen.

Extruderen is een methode waarbij gebruik wordt gemaakt van vervormbare materialen, zoals kunststof. Deze materialen worden in een trechter gedaan (Nummer 2 van figuur 2), waar ze naar beneden worden gedrukt door het bovenliggende materiaal.¹ De kunststof deeltjes worden vervolgens in een buis geperst, waarin zich een roterende schroef bevindt (Nummer 1 van figuur 2). Hierin wordt het materiaal gemengd door de schroef en tegelijkertijd verwarmd.² Via een gaatje in de machine waaraan het spuitgat van de mal gekoppeld zit komt het verhitte plastic als een vloeibare substantie eruit. Deze substantie wordt in de mal gegoten.³

¹ Geerstma, P., "Wat is extruderen en extrusie?", www.technischwerken.nl, 1 november 2013

² N.N., "Extrusion machine", www.preciousplastic.com, z.d.

³ Geerstma, P., "Wat is extruderen en extrusie?", www.technischwerken.nl, 1 november 2013

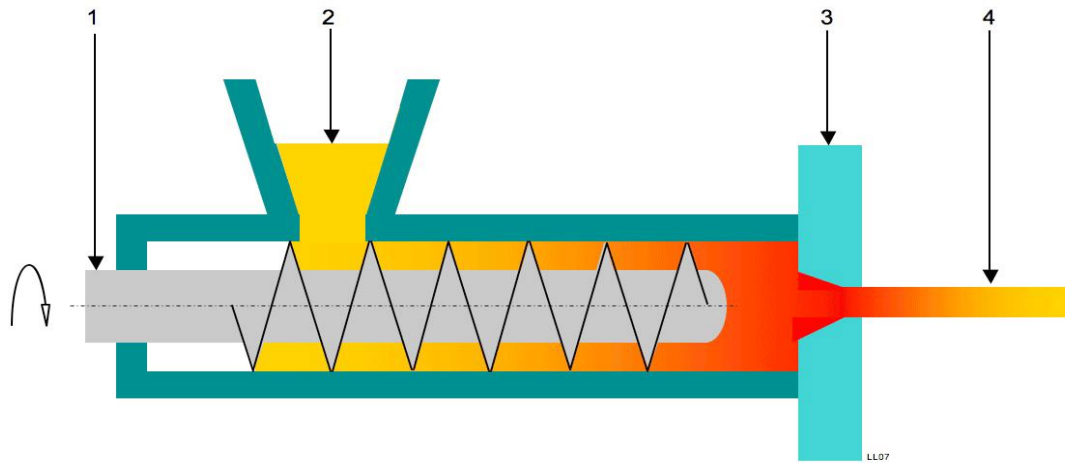
PRODUCT ONTWIKKELING

Product	Hard plastic	Mal	Inkoopprijs	Behoeft	Verkopen
Tools schools	+/-	+/-	€0,0400 €0,0480	-	66
Liniaal	+	+	€0,0014	+	+
Pennenbakje	+	+/-	€0,0024	-	-
Teil	+	+/-	€0,0640	+	-
Prullenbak	+	+/-	€0,3200	+	67
Bescherm hoesjes	+/-	+/-	€0,0024	+/- ⁶⁸	69
Bidon	+/-	+/-	€0,0050	+	+/-
Huizenblokken	+	-	€0,0400	+	-
Regenpijp	+	+/-	€0,1402	+/- ⁷⁰	-
Dakplaten	+	+ ⁷¹	€0,1040	-	-
Koelbox	-	-	€0,0070	-	-
Bekers	+	+	€0,0080	+	+/- ⁷²
Bestek-en bordenet	+	+/-	€0,0048	+/-	-

Figuur 1: Overzicht van producten met plus- en minpunten

Tabel 1: Toelichting bij figuur 1

Hard plastic	Het product is van hard plastic te produceren
Mal	Er kan een mal gemaakt worden voor het product
Inkoopprijs	De prijs die Muima Industries betaalt voor het inkopen van het plastic voor het desbetreffende product
Behoeft	De Keniaanse bevolking heeft behoefte aan dit product
Verkopen	Het product zal goed verkopen op de markt
+	Ja
+/-	Moeilijk
-	Nee



Figuur 2: Het mechanisme van een extruder

Het extruderen bracht twee pluspunten met zich mee. Ten eerste is extruderen een vrij snelle methode, en ten tweede beschikt Muima Industries al over een oude extruder die te zien is in figuur 3. Deze extruder is gedoneerd door de Hogeschool van Gent. De techniek en machine van Muima Industries zijn primitief, maar werken goed.



Figuur 3: De extrudermachine van Muima Industries

• 3.2.1.3 PP en HDPE

De gekozen manier van plastic afvalverwerking moet gecombineerd worden met de juiste plasticsoort. Hiervoor is gekeken naar de bestaande plasticsoorten die te vinden zijn tussen het plastic zwerfafval in Kenia. Tijdens dit onderzoek zijn eerst alle bestaande plasticsoorten op een rij gezet. Er is gekeken naar welke samenstelling de desbetreffende plasticsoort uit bestaat en wat voor producten daaruit kunnen worden gecreëerd. Ook is Muima Industries benaderd met de vraag welke plasticsoort zij gebruiken tijdens het extruderen. De plasticsoorten die als best uit het onderzoek kwamen waren de plasticsoorten PP en HDPE. Dit zijn ook de plasticsoorten waar Muima Industries mee werkt.

➤ PP: Polypropeen of polypropyleen

PP is een thermoplastisch polymeer. Het materiaal is extreem stevig, heeft een hoge temperatuurbestendigheid en is goed bestand tegen chemische oplossingen en zuren. Bovendien is polypropyleen bestendig tegen bacteriegroei en kan het materiaal na verhitting verschillende vormen aannemen. PP kan naast verhitting ook gezaagd en gelast worden. PP wordt vooral gebruikt bij de productie van plastic meubelen, jerrycans, auto-onderdelen en sluitingen van flessen. Polypropyleen is goed her te gebruiken als grondstof. Het smeltpunt van polypropyleen ligt boven de 160 °C. ⁴

➤ HDPE: High Density Polyethyleen

PE (polyethyleen) is de meest voorkomende plasticsoort. PE wordt primair gebruikt in verpakkingen. Het smeltpunt van PE ligt tussen de 115 °C en 135 °C. Polyetheen is veruit de meest geproduceerde plasticsoort. De plasticsoort is namelijk gemakkelijk te bewerken, maar wel bestendig tegen hoge temperaturen. Bovendien is de stof slagvast en splintert het niet. Hierdoor is polyetheen betrekkelijk veilig. Polyethyleen wordt toegepast in twee vormen: HDPE (hoge dichtheid polyetheen) en LDPE (lage dichtheid polyetheen). HDPE wordt in geproduceerd met een lage druk waardoor de moleculen zo goed mogelijk intact blijven. Dit is belangrijk om de hardheid van het ethyleen te behouden. LDPE wordt geproduceerd met een hoge druk waardoor er een zachtere kunststof ontstaat. ⁵



Figuur 4: Plastic code voor PP Figuur 5: Plastic code voor HDPE

⁴ N.N., "Wat is PP polypropyleen?", www.recycling.nl, z.d.

⁵ N.N., "Polyethyleen", www.wikipedia.nl, z.d.

3.1 OPDRACHTANALYSE

• 3.1.1 Projectkader

De opdracht luidt als volgt:

Ontwerp een stalen mal voor een liniaal, een economisch en maatschappelijk haalbaar product, dat in Kenia kan worden geproduceerd door het extruderen van plastic afval in de fabriek van Muima Industries. Het product moet geproduceerd kunnen worden met behulp van de ontworpen stalen mal.

Daarbij werden de volgende voorwaarden opgegeven

- Voor de liniaal:
 - Dikte ≥ 4 millimeter
 - Lengte en breedte ≤ 34 centimeter
 - Maatvoering: Inch en centimeter
- Voor de mal:
 - Materiaal: Staal
 - Een onderplaat
 - De bovenplaat moet een spuitgat bevatten
 - De platen moeten los te koppelen zijn
 - Aantal bouten: ≥ 4
 - Diameter bouten: 1 centimeter
 - Spuitgat: 1 centimeter

Wensenpakket

- De bouten moeten snel in- en uitgedraaid kunnen worden
- De productie moet 1 liniaal per minuut omvatten
- De liniaal bevat geen krimp
- De afmetingen op de liniaal zijn goed leesbaar
- De productie moet in totaal 150 linialen omvatten

Einddoel

Door een product van gerecycled plastic afval uit Kenia te creëren wordt het afvalprobleem aangepakt, de leefomgeving van de Keniaanse bevolking hygiënischer gemaakt en meer werkgelegenheid gecreëerd.

- 3.1.2 Verantwoordelijkheden

VERANTWOORDELIJKHEDEN

TEAMLID	NAAM	EINDVERANTWOORDELIJK
1	Stanja van Kerkwijk	Teamleider, planning, logboek
2	Mayre Aarsen	Contact opdrachtgever, site beheer, documentaire
3	Merit Schuurman	Spellingcontrole, ontwerpverslag
4	Roxanna Hageraats	Project fotograaf, productie linialen

3.3 ONTWERPFASE

- 3.3.1 Ontwikkeling van de mal

De ontwerpfase van de mal bestaat uit verschillende fases die hieronder stap voor stap besproken zullen worden en zullen worden toegelicht aan de hand van ontwerptekeningen. Onderstaande fases betreffen twee mallen.

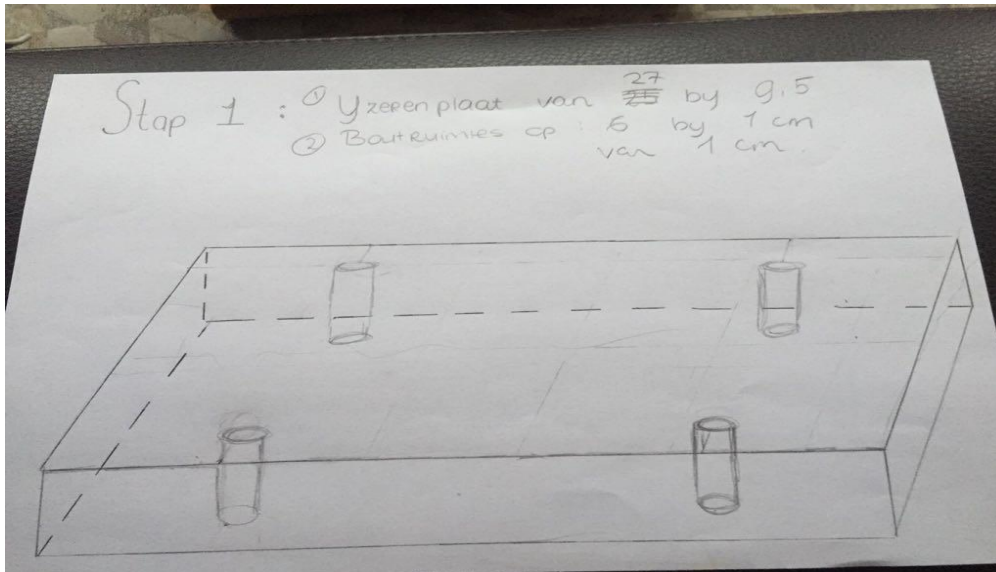
- 3.3.1.1 Beschrijving fase 1

Fase 1 is het allereerste idee. Er werd gekeken naar andere mallen en dan voornamelijk naar de mal van Muima Industries. De mal voor de liniaal is vele malen simpeler dan de mal van Muima Industries, maar zo werd een idee verkregen van hoe een mal er eigenlijk uit ziet en welke onderdelen noodzakelijk zijn. Al snel ontstond op basis van deze informatie het eerste ontwerp. Deze was erg simpel en bestond uit een onderplaat, twee zijplaten en een bovenplaat met daarin het spuitgat. Het enige wat de mal nodig had, was een opening in de vorm van een liniaal. De rest moest allemaal dicht zijn, zodat het plastic alleen in de opening gegoten zou worden. Hier zijn geen ontwerptekeningen van gemaakt, dit was enkel het begin van onze ontwerpfase; brainstormen.

- 3.3.1.2 Beschrijving fase 2

Na fase 1 kon er verder gebrainstormd worden. Er moest een aanpassing aan de mal komen waardoor duidelijk te zien was wanneer de mal vol zat en de liniaal dus klaar was. Het idee van fase 1 bleef hetzelfde, behalve dat de uiteinden van de mal aan weerszijden van de zijplaten open bleven. Als er dan plastic uit de mal liep kon geconcludeerd worden dat de liniaal klaar was. Het nadeel hiervan was alleen dat er dan nog een stuk van de liniaal afgesneden moest worden. Dit kost weer tijd in de afwerking. In figuur 6 is het ontwerp van deze fase te zien. Het ontwerp is hier nog niet uitgewerkt. In verband met tijdsgebrek is dit pas in latere fases gedaan om zo eerst tot het juiste ontwerp te komen.

In figuur 6 is het ontwerp van de onderplaat te zien. De bovenplaat bevat een spuitgat in het midden van de plaat. Verder is de bovenplaat identiek aan de onderplaat. De onder- en bovenplaat had in fase 2 een afmeting van 27 bij 9,5 centimeter. Voor de platen is rekening gehouden met ruimte voor vier bouten van 6 centimeter lang en een diameter van 1 centimeter. Hiermee worden de platen op elkaar bevestigd. Tussen de boven- en de onderplaat komen twee zijplaten van 27 bij 3 centimeter.



Figuur 6: Eerste ontwerp tekening van de mal

- 3.3.1.3 Beschrijving fase 3

In fase 3 is er een houten mal gemaakt van het ontwerp uit fase 2. Het was van belang om het ontwerp eerst met hout te testen voordat het ontwerp van staal werd gemaakt. Zo werd een idee verkregen van hoe het ontwerp eruit zou komen te zien. Ook is staal minder makkelijk te verkrijgen dan hout en kon die van hout steeds opnieuw worden gemaakt. Met een stalen mal kost dit erg veel tijd. De houten mal is gemaakt met de laser cut machine van het Calandlyceum Technasium. In de houten platen zijn gaten met een diameter van 1 centimeter voor de bouten gelaserd. Nu was er een onderplaat met vier gaten, twee zijplaten met ieder twee gaten en een bovenplaat met vier gaten. Door deze platen op elkaar te bevestigen ontstond een houten mal waarvan het middelste gedeelte leeg was. Hier zou het plastic in gespoten worden en er aan de uiteinden uitstromen.

- 3.3.1.4 Beschrijving fase 4

Na contact te hebben gehad met de opdrachtgever over de vordering van de mal bleek dat het ontwerp van fase 2, met de opening in het midden, niet nodig was. De opdrachtgever meldde dat het duidelijk te zien is wanneer de mal vol zit en dat de openingen aan de uiteinden niet noodzakelijk waren, zelfs onhandig. Hierdoor is het ontwerp van fase 1 weer aangenomen, maar dan uitgewerkt. Ook hiervan is een houten mal gemaakt met de laser cut machine. Dit keer bestond de houten mal uit een onderplaat, een middelste plaat met daarin een langwerpige gat in de vorm van een liniaal en een bovenplaat. Ook hierin zijn weer gaten gelaserd met een diameter van 1 centimeter voor de bouten. In figuur 7 en 8 is de middelste plaat van de houten mal te zien.



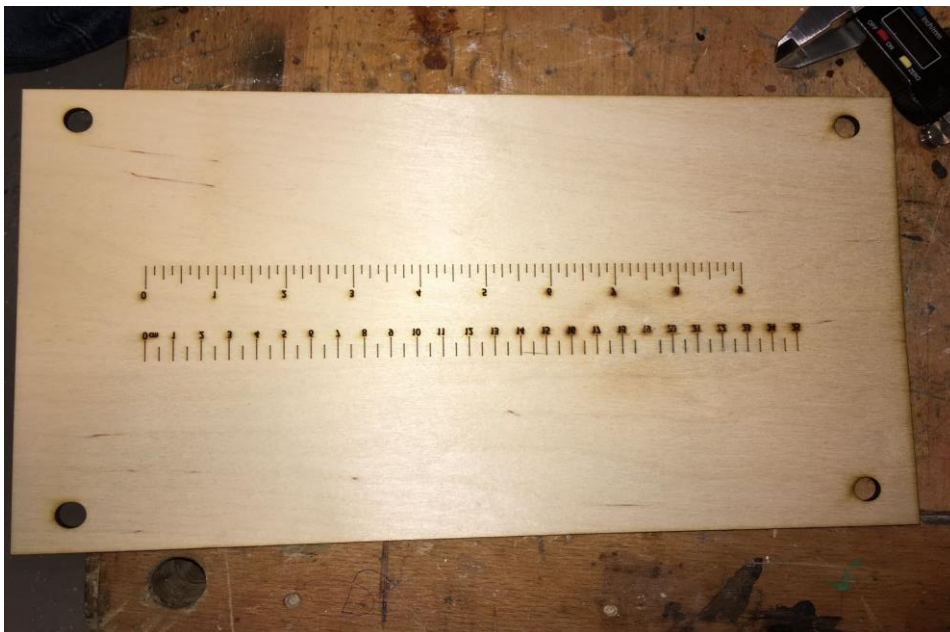
Figuur 7: Stanja met de middelste plaat van de houten mal



Figuur 8: De middelste plaat

• 3.3.1.5 Beschrijving fase 5

Nadat fase 4 succesvol was afgerond werd er nog een onderplaat van hout gemaakt, maar dan een gegraveerde onderplaat. De graving werd met de lasercutter gemaakt. Meer over deze methode is terug te vinden in hoofdstuk 3.3.2. Nu was er een houten mal met twee verschillende onderplaten; een simpele onderplaat en een gegraveerde onderplaat. Hiermee zouden dus twee soorten linialen geproduceerd kunnen worden: een simpele liniaal zonder becijfering en een liniaal met becijfering. In figuur 9 is de gegraveerde onderplaat te zien.



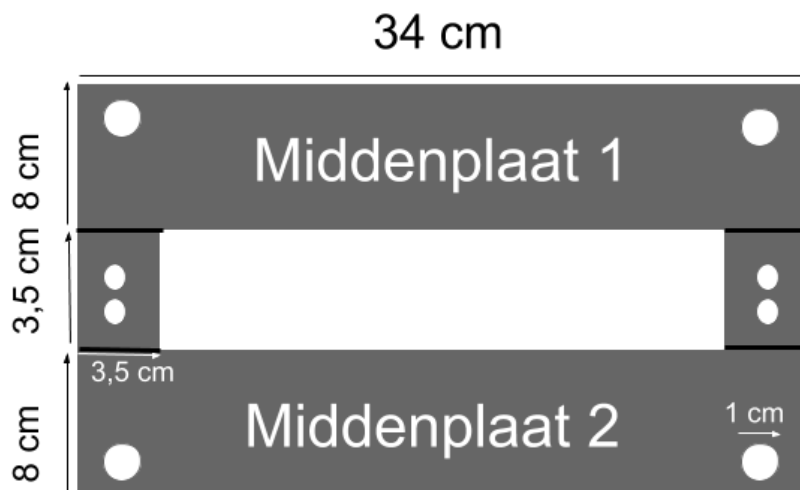
Figuur 9: De gegraveerde onderplaat

• 3.3.1.6 Beschrijving fase 6

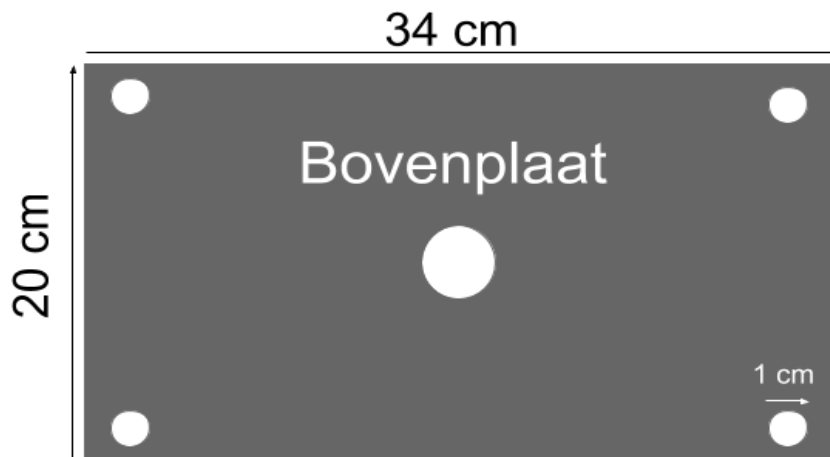
Bij de houten mal is gebruik gemaakt van de laser cutter. Hiermee is er een gat in de vorm van een liniaal uit de middelste plaat gesneden. Echter, in een stalen plaat kan geen gat gesneden worden met de laser cutter. Er moest dus een oplossing bedacht worden waardoor de opening die zich nu in de middelste plaat bevond, aan de uiteinden dicht gemaakt konden worden. Zo ontstond het idee om op de onderste plaat kleine vierkante blokjes aan de uiteinden te plaatsen die precies tussen de zijplaten vallen, waardoor er alsnog een soort gat in de vorm van een liniaal gecreëerd werd. Hiervan is een definitief ontwerp gemaakt die hieronder kort zal worden toegelicht.



Figuur 10: De onderplaat van de mal



Figuur 11: De middelste platen van de mal



Figuur 12: De bovenplaat van de mal inclusief spuitgat

In figuur 10 is de onderplaat van de mal te zien. De onderplaat heeft in alle vier de hoeken een gat met een diameter van 1 centimeter. Door deze gaten worden bouten gedraaid, zodat de platen aan elkaar bevestigd kunnen worden. De plaat heeft een dikte van 5 millimeter.

In figuur 11 is de middenlaag van de mal te zien. De middenlaag bestaat uit vier onderdelen. De eerste twee onderdelen zijn middenplaat 1 en 2. Deze platen bepalen de dikte van de liniaal. In deze twee platen zitten aan één zijde 2 gaten voor de bouten. Ook deze gaten hebben een diameter van 1 centimeter. Daarnaast zitten aan de uiteinde van de mal nog twee vierkante blokjes van 3,5 bij 3,5 centimeter. Deze blokjes bepalen de lengte van de liniaal. De blokjes worden met twee kleine ingezonken schroeven vastgemaakt aan de onderplaat, zodat deze niet kunnen verplaatsen. De blokjes en de zijplaten hebben een dikte van 4 millimeter.

In figuur 12 is de bovenplaat van de mal te zien. De bovenplaat is identiek aan de onderplaat en heeft ook een dikte van 5 millimeter. Het enige verschil is het spuitgat dat in het midden van de plaat zal komen. Het spuitgat werd in Kenia gemaakt, maar is wel meegenomen in het ontwerp. Via het spuitgat kan het gesmolten plastic in de mal gespoten worden. Alle gaten die in de mal worden geboord worden afgewerkt met een verzinkboor.

• 3.3.1.7 Beschrijving fase 7

Met het ontwerp van fase 6 kon dan eindelijk de mal van staal gemaakt worden. Hiervoor moesten eerst de stalen platen besteld worden. Deze zijn besteld bij de Metaalwinkel in Amsterdam. Hieronder staan de exacte maten en het soort staal van de platen die zijn besteld.

- 2x wgw staalplaat 200x5x340 millimeter (onder- en bovenplaat)
- 4x blank staal platstaf 80x4x340 millimeter (middelste platen)
- 4x staal platstaf 10x4x35 millimeter (vierkante blokjes)

• 3.3.1.8 Beschrijving fase 8

Bij de bestelling in fase 7 is iets fout gegaan. Zoals hierboven al aangegeven, waren er 4x staal platstaf 10x4x35 millimeter platen besteld. Dit moesten de vierkante blokjes worden, maar er werden dunne staven geleverd van 35 bij 1 centimeter. Aangezien er niet heel veel tijd meer was leek het niet

verstandig om de blokjes opnieuw te bestellen. Daarom is er eerst geprobeerd om de dunne staven af te snijden met een metaalzaag. Zo werden er 8 kleine staafjes van 1 bij 3,5 centimeter verkregen. Het was de bedoeling dat deze voor de vierkante blokjes zouden dienen, door aan elk uiteinde 4 staafjes naast elkaar te leggen. Dit was echter geen goed idee omdat de kans groot was dat er op deze manier plastic tussen de staafjes zou komen waardoor de linialen oneffen zouden worden. Daarom zijn de vierkante blokjes uiteindelijk toch opnieuw besteld, dit keer met de juiste maten, namelijk 3,5 bij 3,5 centimeter. Ook is er nog een onder- en bovenplaat besteld zodat er uiteindelijk twee mallen gemaakt konden worden. Een simpele mal waar alleen een product in de vorm van een liniaal uit zal komen en een gegraveerde mal waar een gecijferde liniaal uit zal komen. In hoofdstuk 3.3.2. wordt dit verder toegelicht.



Figuur 13: De gegraveerde onderplaat met zijplaten en vierkante blokjes

- 3.3.1.9 Beschrijving fase 9

Nu kon er eindelijk een begin worden gemaakt met het assembleren van de stalen mal; fase 9. Het enige wat nog moest gebeuren was het boren van de gaten in de platen voor de bouten en het vastmaken van de vierkante blokjes aan de onderplaat. Dit moest met een speciale metaalboor van het Technasium. Onder begeleiding van de TOA's zijn zo de gaten in de platen geboord. Dit nam redelijk veel tijd in beslag. De gaten werden afgewerkt met een verzinkboor zodat alles er netjes uitzag en de randen niet meer scherp waren. De vierkante blokjes werden met ingezonken schroeven vastgemaakt zodat deze niet meer konden verplaatsen. Hierna werden alle platen op elkaar gelegd en konden de bouten in de platen worden gedraaid.

- 3.3.1.10 Beschrijving fase 10

Na negen fases te hebben doorlopen kwam een eind aan de ontwikkeling van de mal. Het eindresultaat was twee stalen mallen, dat is meer dan de opdracht omvat. Met deze mallen kunnen twee verschillende soorten linialen worden gemaakt, maar twee mallen leidt ook tot een hogere productiesnelheid. In figuur 14 zijn de twee mallen te zien waarbij alle platen aan elkaar zijn bevestigd met de bouten.



Figuur 14: De twee stalen mallen

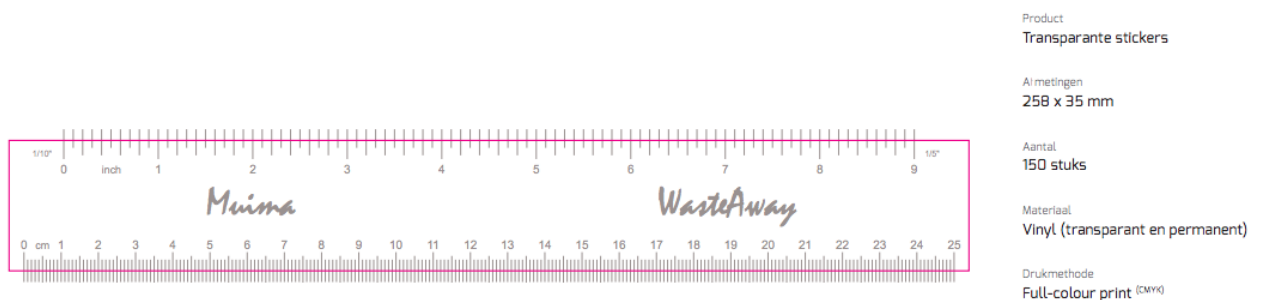
- 3.3.2 Verschillende methodes

In de ontwerpfase is gekeken naar vier verschillende methodes; graveren, bestickeren, bestempelen en papierlaag. In dit hoofdstuk zullen de vier methodes worden omschreven.

- 3.3.2.1 Bestickeren

Bij de eerste methode, bestickeren, wordt een neutrale mal gebruikt. De mal bestaat uit drie lagen. Deze drie lagen worden bij elkaar gehouden door middel van bouten in alle vier de hoeken. In hoofdstuk 3.3.1 is een uitgebreide beschrijving van de mal terug te vinden.

Bij gebruik van deze methode wordt alleen de vorm van een liniaal gemaakt uit gesmolten plastic. De becijfering staat bij deze methode niet in de liniaal gegraveerd. Er zijn stickers nodig om de becijfering duidelijk te maken. Deze stickers zijn gemaakt van vinyl en zijn transparant met witte becijfering. Aan de ene kant van de stickers staat de becijfering in inches en aan de andere kant in centimeters. De stickers zullen een permanente hechting hebben, zodat ze niet van de liniaal afvallen en dus langer blijven zitten. In figuur 15 staat het ontwerp van de stickers.



Figuur 15: Het ontwerp van de stickers

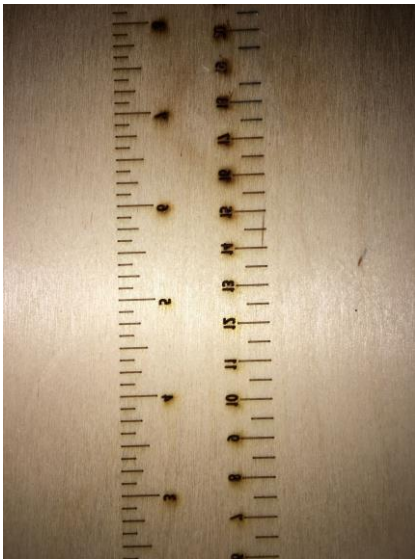
- 3.3.2.2 Graveren

Bij de tweede methode, graveren, wordt in een stalen plaat de becijfering gegraveerd. Het ontwerp van de becijfering is van tevoren gemaakt in het programma Inkscape. Er is een samenwerking gestart met de ROC Vakschool. Op de ROC Vakschool is de mal gegraveerd. Dit graveren wordt gedaan met een klein mesje, dat met een enorme kracht met het staal in aanraking komt. Het ontwerp van de gegraveerde plaat is eerst overgezet in een ander programma, Solid Edge. Dit programma sloot aan bij de machine die op het ROC wordt gebruikt. De getallen moesten in spiegelbeeld gegraveerd worden, zodat het correct op de liniaal terechtkomt. Op het ROC is gebruik gemaakt van een ander soort stalen plaat, dan voor de neutrale mal is gebruikt. Het staal dat voor de neutrale mal is gebruikt, is vele malen harder dan het staal dat op het ROC wordt gebruikt. De machine zou kapot kunnen gaan door gebruik van het harde staal. De nieuwe plaat is uitgesneden in een machine waar een laser door het staal heen snijdt. De gegraveerde mal is identiek aan de neutrale mal, behalve de graving die de gegraveerde mal wel heeft en de neutrale mal niet. In figuur 13 is de gegraveerde mal te zien.

- 3.3.2.3 Bestempelen

Bij de derde methode, bestempelen, wordt gebruik gemaakt van de neutrale mal, die ook bij het bestickeren wordt gebruikt. Allereerst wordt er een neutrale liniaal zonder graving gemaakt. Het oppervlak van deze liniaal wordt vervolgens verwarmd, waardoor alleen de bovenlaag smelt en dus

zachter wordt. Vanaf hier zijn er twee opties voor het bestempelen. Bij optie 1 kan de gegraveerde mal worden gebruikt. Het verhitte oppervlak van de liniaal wordt in de mal gedrukt, waardoor het gesmolten oppervlak in de graveringen kan smelten. Als je liniaal vervolgens uit de mal haalt en laat afkoelen, zal de becijfering als uitstulpingen op de liniaal zitten. In figuur 16 is de onderplaat van optie 1 te zien. Voor optie 2 is een stalen plaat nodig waarin alles is gegraveerd op de becijfering na. Als je het verwarmde oppervlak van de liniaal op de stempel duwt, krijg je een liniaal waar de becijfering in staat gedrukt. De becijfering is hol in plaats van een opbolling op de liniaal. In figuur 17 is de onderplaat van optie 2 te zien.



Figuur 16: Onderplaat optie 1



Figuur 17: Onderplaat optie 2

• 3.3.2.4 Papierlaag

Bij de vierde methode wordt gebruik gemaakt van een papierlaag. Er werd een ontwerp bedacht waarbij de becijfering van de liniaal op een vel wordt gedrukt. De becijfering zal op wit papier worden geprint, maar er zal met inkt alsnog een donkere onderlaag worden geprint. De inkt zorgt ervoor dat het papier beter tegen water kan. Het papier moet dus overal inkt bevatten. Het papier wordt in de neutrale mal gelegd voordat het plastic erin wordt gesmolten. Zo hecht het nog warme plastic aan het papier en blijft het beter vastzitten. In figuur 18 is de vierde methode getest.



Figuur 18: Papiermethode met een stukje gesmolten plastic

3.4 TESTFASE

- 3.4.1 Aanpassingen

In de testfase zijn de, in Nederland gemaakte, mallen getest in de fabriek van Muima industries in Kenia. In deze fase zijn er verschillende aanpassingen gedaan om het productieproces te verbeteren en versnellen. Beide mallen (neutraal en gegraveerd) hebben hierbij dezelfde aanpassingen ondergaan.

- 3.4.1.1 Bijsnijden

Om de mal te kunnen verbinden met de extruder machine in de fabriek was een precies op maat gemaakte opening in de bovenste plaat nodig. Door deze opening kon het plastic via de spuitmond van de machine in de mal worden gespoten. Deze opening had een diameter van 10mm en kon pas gemaakt worden in de fabriek zelf. De mal was echter te breed om in de boormachine te passen, waardoor de zijkanten van de mal bijgesneden moest worden. Dit is gedaan door aan de lange zijden van de mal en kleine rand van een 1 à 2 mm weg te zagen aan beide kanten een inkeping te maken.



Figuur 19: Wilson die de mal bijsnijdt

- 3.4.1.2 Het spuitgat

Toen de mal passend was gemaakt voor de boormachine, kon het spuitgat gevormd worden. De stalen bovenplaat was echter te dun, waardoor het vloeibare plastic gemakkelijk uit de spuitmond naast de mal terecht zou kunnen komen. Om dit te voorkomen is er een extra plaatje staal ($\sim 4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$) bovenop de bovenste plaats gelast met daarin een v-vormig gat richting het spuitgat. Op deze manier werd ervoor gezorgd dat het plastic vanuit de spuitmond in deze 'trechter' zou worden opgevangen en zo in de mal terecht zou komen.



Figuur 20: Het spuitgat wordt in de mal gemaakt

- 3.4.1.3 Extra bouten

Door miscommunicatie met de Nederlandse TU-Delft studenten was er gerekend op de aanwezigheid van lijmklemmen in de fabriek. Deze klemmen zouden de mal meer stevigheid bieden en ervoor zorgen dat het plastic door de hoge druk niet buiten de mal geperst zou worden. Deze klemmen bleken echter niet aanwezig te zijn. Om toch dit probleem tegen te gaan zijn er rondom het spuitgat vier extra gaten geboord. De bouten in deze gaten zorgden ervoor dat de mal in zijn volledigheid bij elkaar gehouden zou worden tijdens het vullen van de mal met het plastic.

- 3.4.1.4 Moeren vastzetten

De huidige mal leverde goede linialen op, maar het productieproces verliep nog erg langzaam. Door de vele bouten en moeren (8) die per liniaal los-en vastgedraaid moesten worden, was de productietijd per liniaal erg lang. Bovendien koelde de extruder in de tussentijd dusdanig af, dat de machine telkens opnieuw moest worden aangezet om het plastic te verwarmen en verwerken. Om dit probleem op te lossen en het productieproces te versnellen zijn de moeren vast gelast aan de mal. Hierdoor moesten per liniaal alleen de bouten worden losgedraaid en werd de tijd om de mal in en uit elkaar te halen verkort.

- 3.4.1.5 Inbussleutels monteren

De voorgaande stap (3.4.1.4) versnelde het productieproces al sterk, maar er was nog steeds veel ruimte voor verbetering. Om het productieproces nog meer te versnellen zijn er inbussleutels aan de bouten vastgemaakt. Hierdoor konden er meerdere mensen tegelijk aan 1 mal werken en konden de mallen sneller los en vast worden gedraaid. Hierdoor werd het productieproces dus extra versneld.

- 3.4.2 Nabewerking

Met bovenstaande aanpassingen zijn er uiteindelijk 128 bruikbare linialen geproduceerd. Om deze linialen daadwerkelijk geschikt te maken voor gebruik moesten er nog enkele nabewerkingen worden gedaan.

• 3.4.2.1 Bijsnijden

Doordat uitloop van het plastic buiten de mal niet te voorkomen bleek te zijn, moesten zowel de linialen uit de neutrale als de gegraveerde mal worden bijgesneden zodat de linialen zo recht mogelijk zouden worden. Dit werd gedaan door met kapmessen de overbodige stukken plastic weg te snijden. In figuur 21 zijn twee werknemers van Muima Industries te zien die de linialen bijsnijden.



Figuur 21: Twee werknemers van Muima die de linialen bijsnijden

• 3.4.2.2 Bestickeren

Ten slotte moesten de linialen uit de lege mal nog bestickerd worden door doorzichtige stickers met de becijfering erop te plakken. Op deze manier had de becijfering op de neutrale linialen geen last van de krimp van het plastic.

3.5 PRAKTIJKONDERZOEK

• 3.5.1 Bezoek aan het Boston Children Centre

Om de liniaal in praktijk te testen bij de doelgroep is er een bezoek gebracht aan het Boston Children Centre Matopeni gelegen in Kayole, Kenia. Het Boston Children Centre is een samenstelling van een kleuterschool en basisschool in één. De instelling is gevestigd in sloppenwijk Matopeni aan de rand van Kayole, het oostelijke deel van Nairobi. De oprichting van de school was een reactie op de grote en verwoestende armoede in Matopeni Slum. Deze armoede leidt tot veel voorkomend analfabetisme, omdat kinderen uit arme gezinnen meestal niet de kans krijgen om naar school te gaan. The Boston Children Centre werkt veel met sponsoring van hun studenten. Via de stichting Fair Creations kan men de kinderen sponsoren, zodat ze naar school kunnen. Van het sponsorgeld krijgen de gesponsorde scholieren ook lunch op school, schoolkleding en boeken.

Stephen Okwaro, directeur van Boston Children Centre, stond dit project bij door een klas te regelen waarin de liniaal getest kon worden. De doelgroep die aan het werk werd gezet met de linialen was de vierde klas, met een gemiddelde leeftijd van zeven tot acht jaar. Van tevoren zijn er voorbereidingen getroffen. Er zijn kleurplaten meegebracht naar de school. Deze kleurplaten bestonden

uit verschillende punten die aan elkaar verbonden moesten worden om zo een figuur te krijgen. De bedoeling was dat de kinderen deze lijnen trokken met de liniaal. Ook zijn er schoolspullen zoals schriften en potloden ingekocht.



Figuur 22: De groep met Stephen Okwaro voor het Boston Children Centre

• 3.5.2 Waarnemingen

Opvallend was dat de kinderen vrijwel direct aan de slag gingen met de liniaal. In het begin waren sommige leerlingen nog onwennig met de linialen. Maar na een korte uitleg ging iedereen ijverig aan de slag. De verwachting was, dat de getrokken lijnen hobbelig zouden zijn door de hobbelige zijkanen. Gelukkig viel dit erg mee en konden de leerlingen strakke lijnen trekken. De lijnen werden getekend op een connect-the-dot kleurplaat van een vis. Als alle nummers aan elkaar gekoppeld waren, konden de leerlingen beginnen met inkleuren.

De leerlingen waren erg enthousiast over de linialen. Na school renden alle kinderen trots naar huis om hun ouders de linialen te laten zien. De kinderen werden blij van de verschillende kleuren die de linialen hadden. Deze kleuren waren ontstaan uit het verwerken van meerdere kleuren gerecycled plastic. Niet veel linialen hebben verschillende kleuren. Ook de school was erg tevreden met de linialen. Zo gaf Stephen Okwaro na de testronde van de linialen in de klas een speech gericht naar de hele school over hoe belangrijk het recyclen van plastic afval is. Hiermee werd een van de grootste doelen van het project vervuld, mensen laten beseffen dat er wat gedaan kan worden aan het plastic afvalprobleem.

PRODUCT ONTWIKKELING



Figuur 23: Leerlingen van het Boston Children Centre aan de slag met de linialen



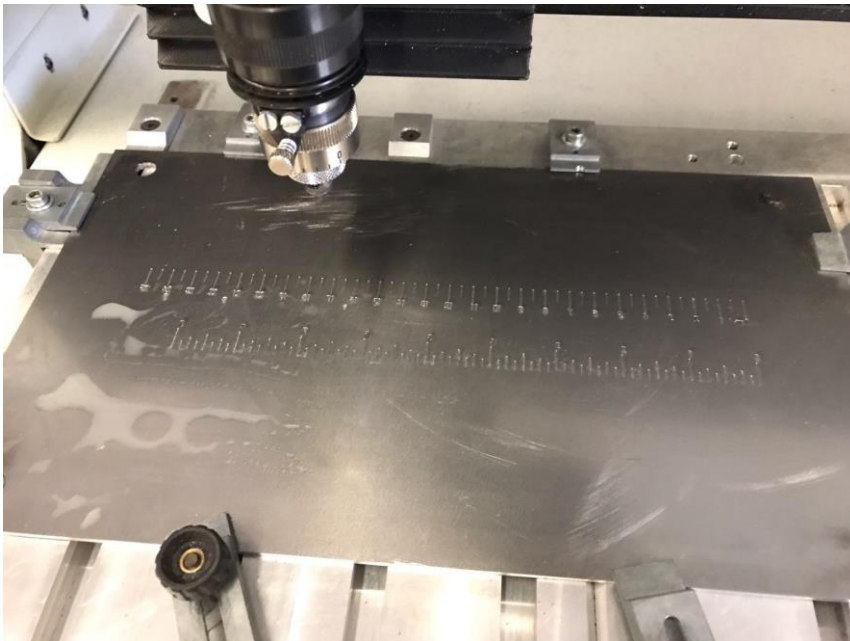
Figuur 24: Stephen Okwaro legt de klas uit waar de linialen van zijn gemaakt

Resultaten

Tijdens dit project zijn er twee verschillende mallen gemaakt om de linialen mee te produceren. Bij de ene mal waren de getallen van tevoren al in de plaat gegraveerd. De verwachte uitkomst was een liniaal van 25 cm lang waarin de getallen als een opbolling op zouden staan. De tweede mal was een mal waarin niks gegraveerd stond. De verwachte uitkomst hiervan was een geheel blanke liniaal. Na de productie van deze 'kale' linialen zouden ze worden beplakt met stickers waarop de getallen stonden. De mallen werden in Kenia getest.

4.1 DE GEGRAVEERDE MAL

De gegraveerde mal is de mal waarbij de becijfering in de onderste metalen plaat is gegraveerd. In figuur 25 is de gegraveerde onderplaat te zien.



Figuur 25: De onderplaat wordt gegraveerd bij het ROC

De mal werd getest bij de fabriek van Muima Industries gelegen in het westen van Kenia. Via de spuitmond werd het door de extruder verhitte plastic gespoten in de mal. Het spuitgat in de mal moest goed aansluiten op de kop van de extruder waar het plastic uitkwam. Gebeurde dit niet, dan kwam het gesmolten plastic niet terecht in de mal maar naast de mal.

De eerste liniaal die eruit kwam was goed gelukt. De liniaal had een rechte vorm zonder uitgelopen plastic langs de randen. Alleen bij de uiteinden stonden er wat lijnen in de liniaal verwerkt. Er werd gespeculeerd dat deze lijnen het gevolg waren van viezigheid wat in de mal was achtergebleven.

RESULTATEN



Figuur 26: De eerste liniaal

De tweede liniaal had een goede vorm maar ook hier stonden er wat lijnen in de liniaal verwerkt. Men wist in eerste instantie niet waar deze lijnen vandaan kwamen, aangezien de mal dit keer schoon was gemaakt voor de productie. Later werd de ontdekking gedaan dat de lijnen ontstonden door het achtergebleven water wat zich nog in de mal bevond. De mal moest zo nu en dan worden afgekoeld in water en tijdens deze stap is er water achtergebleven op de plaat wat zorgde voor permanente sporen in de liniaal.

Nadat er is besloten om de mal minder af te koelen met water en de mal beter af te drogen kwamen de linialen mooi egaal uit de mal. Wat na een tijd opviel is dat de linialen meer plastic uitloop aan de zijkant begonnen te krijgen, zoals te zien is in figuur 27. Deze uitloop was het gevolg van het verbuigen van de onderplaat door de hitte. De gegraveerde onderplaat bestond namelijk uit ander soort staal dan de andere platen en dit staal was blijkbaar niet sterk genoeg voor de hitte van de extruder machine.

Tijdens het werken met verhit plastic krijg je niet alleen te maken met uitzetting van de platen maar ook met krimp van het plastic. Bij het proces van afkoeling van het verhitte plastic kan de liniaal krimpen. Van te voren is hier geprobeerd rekening mee te houden door de liniaal iets langer te maken dan de bedoeling was. Normaal is de krimp geen cruciaal probleem, maar bij het produceren van een liniaal wel. Als de liniaal krimpt, krimpen de getallen mee waardoor de afmetingen van de liniaal niet goed meer zullen kloppen.

Na het produceren van de linialen is gekeken naar deze krimp. Halverwege de gegraveerde liniaal (op 12,5 cm) was het verschil met een bestaande liniaal 5 millimeter. Hetzelfde meetproces is bij negen andere gegraveerde linialen toegepast. Telkens kwam hier een verschil van 5 millimeter uit.

RESULTATEN



Figuur 27: Een liniaal met uitloop



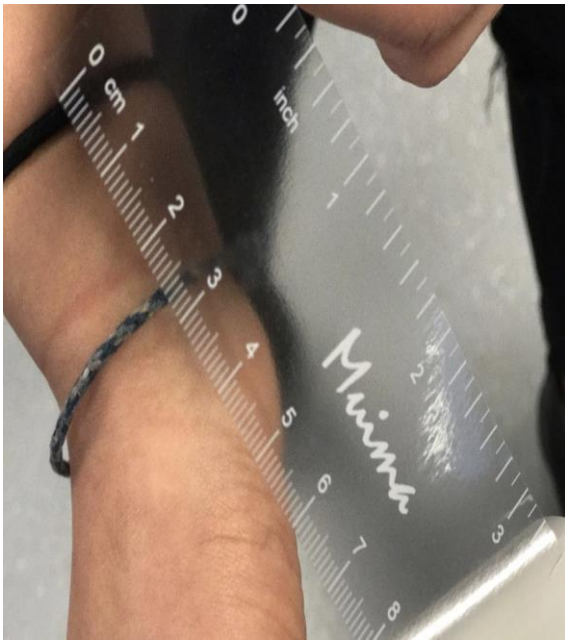
Figuur 28: Geproduceerde liniaal in vergelijking met een bestaande liniaal

4.2 DE SIMPELE MAL

De tweede mal die in Nederland gemaakt was is een mal zonder graving, maar met dezelfde vorm en afmetingen als de gegraveerde mal. Bij deze methode ging het alleen om de vorm van de liniaal. De geproduceerde liniaal beschikte dus nog niet over een becijfering. Deze zouden later door middel van een sticker op de liniaal worden geplakt.

De eerste liniaal die uit de mal kwam was goed gelukt op een kleine uitstulping na. Doordat alle platen van een stevige metaalsoort waren gemaakt, vervormde het staal niet. Ook niet na het vele produceren. Hierdoor bleven de uitstulpingen van de linialen beperkt. Het plastic stroomde nauwelijks tussen de platen door.

RESULTATEN



Figuur 29: De sticker



Figuur 30: De eerste liniaal zonder becijfering

Na een hoop linialen te hebben geproduceerd moesten deze worden bestickerd. Waar tegenaan werd gelopen waren de luchtbubbels die ontstaan tijdens het beplakken van de liniaal met de sticker. Er werd gezocht naar methoden om stickers te plakken zonder dat er luchtbubbels ontstaan. Er zijn twee manieren van beplakken getest om dit te voorkomen:

1. Met behulp van afwasmiddel

Bij deze methode werd er een laagje water vermengd met afwasmiddel, dit mengsel werd op de liniaal uitgesmeerd voordat de sticker erop kwam. De lijm van de sticker zou zich zo beter moeten hechten aan de liniaal. Dit viel echter tegen. De sticker zat niet goed vast aan de liniaal en liet snel weer los.

2. Plakken vanaf het midden

Door de sticker vanuit het midden te plakken op de liniaal werd het ontstaan van luchtbubbels vermeden. De sticker werd als het ware dubbel gevouwen en het midden werd bevestigd aan de liniaal, hierna werd de rest van de sticker richting de buitenkant vast gedrukt. Deze methode werkte goed en er waren nog maar weinig tot geen luchtbubbels te zien. Helaas kwamen de luchtbubbels na enige tijd weer tevoorschijn.

RESULTATEN



Figuur 31: Liniaal met bestickering

4.3 DE AFWERKING

Bij beide linialen, gegraveerd en niet-gegraveerd, was er sprake van plastic uitstulpingen als gevolg van het uitgelopen plastic. Deze uitstulpingen zijn verwijderd door medewerkers van de fabriek. Zij deden dit met behulp van een hakmes. Dit was een snelle maar wel onnauwkeurige methode, waardoor de linialen erg hobbelig werden aan weerszijden. Dit is niet handig als er rechte lijnen mee getrokken moeten worden. Dit werd gezien als een verbeterpunt.

Discussie

In dit project zit nog ruimte voor verbetering. De mal die is gebruikt, had acht bouten. Alle bouten moesten bij elke liniaal los en vast worden gedraaid. Dat betekent bij 134 linialen, dat er meer dan 2000 bouten los en vast moeten worden gedraaid. Dit kost erg veel tijd, waardoor de productiesnelheid omlaag gaat.

Voor een volgende mal zou men kunnen overwegen om gebruik te maken van een klapsysteem. Bij het klapsysteem heeft het onderstel van de mal de vorm van de liniaal. Het onderstel is met scharnieren verbonden met het bovenstel, waardoor je de mal met één simpele beweging uit elkaar kan halen en zo veel tijd kan besparen. In figuur 32 staat een mogelijk ontwerp van het klapsysteem. Op punt a zitten scharnieren, waardoor punten b en c naar elkaar en van elkaar af kunnen bewegen.

Een tweede probleem van de mal, was de uitloop van het plastic. Doordat er 3 platen worden gebruikt, kan het plastic tussen de platen komen als de druk te hoog wordt. Hierdoor moet je bij de laatste stap, het afsnijden van de uitstulpingen, nog erg veel corrigeren. Het afsnijden van alle uitstulpingen gaat niet erg precies door de grote kracht en snelheid waarmee dit wordt gedaan. Hierdoor zijn de linialen niet helemaal recht. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is een opstaande rand aan alle 4 de zijden. Dit kan uit één stuk staal worden gemaakt of uit twee stukken die aan elkaar zijn gelast. In figuur 33 staat de mal waarbij twee van de zijden, a en b, vast zitten aan de onderplaat. Het plastic wordt dan in het midden, deel c, gespoten. Door de vaste randen kan het plastic er niet onderdoor lopen en hoeft je dus geen correcties te maken te maken achteraf.



Figuur 32: Het klapsysteem



Figuur 33: Een mal met vaste zijden

Voor de mal is er gebruik gemaakt van stalen platen. Zoals in de ontwerpfase en de resultaten al is verteld, is voor de gegraveerde mal een ander materiaal gebruikt dan voor de onderplaat. Deze onderplaat is gemaakt van een minder hard materiaal. In dit materiaal kon wel gegraveerd worden en in de andere stalen platen niet. Tijdens het extruderen kwam deze plaat erg onder druk te staan, waardoor de plaat verhoog. Deze verbuiging zorgde ervoor dat er erg veel uitloop van het plastic was. Voor een volgende mal is het handiger om de onderplaat van sterker staal te maken. Het graveren zal dan wel met een sterkere machine moeten worden gedaan.

Ook was de ontworpen mal erg groot, 34 cm bij 20 cm. De grootte van de mal zorgde ervoor dat er veel bouten nodig waren om genoeg weerstand te bieden tegen de grote druk op de platen. Daarnaast was de mal hierdoor onnodig groot en zwaar. Dit valt op te lossen door het klapsysteem of een minder brede mal te gebruiken, zodat je minder bouten nodig hebt.

Van de vier bedachte methodes zijn er twee meegenomen naar Kenia. Bij het bestickeren bleek dat er veel luchtbelletjes onder de stickers kwamen te zitten. Het aantal luchtbelletjes nam ook toe naarmate de stickers langer op het plastic zaten. De grootste luchtbel bevond zich op de plek waar de spuitmond zat en de linialen een kleine uitstulping hadden. Deze uitstulping zou je weg kunnen halen door hem eraf te snijden, maar dan nog heb je een klein randje. Elke liniaal zal dus eerst helemaal glad gevijld moeten worden, voordat er geen luchtbelletjes meer onder komen.

Bij de tweede methode, graveren, was de becijfering niet op elke kleur even duidelijk te zien. Voor mensen met slechte ogen zou de opbolling niet groot genoeg kunnen zijn om het goed te kunnen zien. Dit probleem zou kunnen worden opgelost door de graveringen in de mal dieper te maken. Dit is echter erg moeilijk, aangezien de machine dan meerdere keren precies op hetzelfde punt moet graveren. Dit was al geprobeerd op het ROC, maar mislukte waardoor er extra cijfers in de mal gegraveerd stonden boven de andere cijfers. De uitstulpingen verven zou een tweede oplossing kunnen zijn. Als de uitstulpingen een andere kleur hebben, is de liniaal duidelijker af te lezen.

Daarnaast was er bij de gegraveerde linialen sprake van een krimp. Deze krimp ontstond waarschijnlijk bij het afkoelen van het verhitte plastic. Het plastic zet door de warmte uit en zodra het plastic dan wordt afgekoeld kan het krimpen. Hierdoor kunnen problemen ontstaan met de maatvoering. Als er nader onderzoek wordt gedaan naar deze krimp en een berekening wordt gemaakt van het krimpprocentage kan dit probleem in de toekomst worden voorkomen.

Conclusie

Tijdens dit project stond de volgende opdracht centraal:

‘Ontwerp een stalen mal voor een liniaal, een economisch en maatschappelijk haalbaar product, dat in Kenia kan worden geproduceerd door het extruderen van plastic afval in de fabriek van Muima Industries. Het product moet geproduceerd kunnen worden met behulp van de ontworpen stalen mal.’

Het product dat is geproduceerd is de liniaal. Dit was het product dat als meest economisch en maatschappelijk haalbaar uit het vooronderzoek kwam. Voor dit product zijn twee verschillende stalen mallen gemaakt. De eerste mal zorgde voor de productie van neutrale linialen zonder becijfering. Deze linialen werden achteraf bestickerd met doorzichtige stickers met daarop de becijfering. De tweede mal zorgde voor de productie van linialen mét becijfering. Deze becijfering was in de mal gegraveerd en kwam zo op de linialen terecht.

Tijdens de testfase in de, in Kenia gevestigde, fabriek van Muima Industries zijn beide mallen getest. Hier bleek de gegraveerde mal het beste te werken. Dit kwam doordat de becijfering op de linialen goed te zien was en er geen nabewerking in de vorm van bestickering moest plaatsvinden. Bij de andere mal was dit wel het geval en werd er tegen het probleem van luchtbubbels aangelopen. Ook zullen stickers in de loop der tijd vies worden, stuk gaan of losraken. Bij de gegraveerde linialen is hiervan geen sprake.

In een volgende mal zou een onderplaat van sterker staal worden gebruikt, om zo verbuiging van het staal door de druk en uitloop van het plastic tegen te gaan. Ook zal de krimp moeten worden berekend om een juiste maatvoering te realiseren.

Een economisch en maatschappelijk haalbaar product dat in de fabriek van Muima Industries kan worden geproduceerd door middel van het extruderen van plastic afval, is dus de liniaal. Deze liniaal kan het best worden geproduceerd met een gegraveerde, stalen mal, waarbij de becijfering direct op de linialen terechtkomt.

Reflectie

Tijdens dit project hebben wij als team een groot, ingewikkeld maar ook zeer interessant proces doorlopen. Wij hebben mooie momenten meegemaakt, maar moesten ons ook door veel tegenslagen wanen. Wij zien het als een pluspunt dat we hebben kunnen doorzetten bij tegenslagen en erg kritisch zijn geweest op onszelf en de ontwerpcyclus. Wij wilden een goed eindresultaat leveren, waardoor wij niet snel tevreden waren. Wij hebben het voor elkaar gekregen om een eindresultaat neer te zetten waar we trots op kunnen zijn.

Het opstarten van de ontwerpcyclus begon erg langzaam. Wij hebben er zeker 2,5 week over gedaan om tot een eerste ontwerp te komen; fase 1 in de ontwikkeling van de mal. Dit kwam voornamelijk door gebrek aan kennis. Wij hadden nog nooit met een mal gewerkt en wisten dan ook niet hoe we deze tot stand moesten brengen. Het hielp wel degelijk om te kijken naar de mal van Muima Industries om zo een beetje een idee te krijgen van waar een mal eigenlijk uit bestaat. Na veel brainstormsessies zijn wij uiteindelijk tot een eerste ontwerp gekomen. Het was erg lastig om rekening te houden met de krimp van het plastic omdat wij hier geen informatie over hadden. Toch is dit in het ontwerp meegenomen, door de liniaal wat langer te maken.

Na deze moeilijke start ging alles veel vlotter en kwam een 'echte' mal steeds dichterbij. Toen het uiteindelijke ontwerp op tafel lag konden de stalen platen besteld worden. Dit verliep de eerste keer niet helemaal foutloos. De vierkante blokjes werden namelijk geleverd als dunne staven van 35 centimeter lang. Dit was niet helemaal de bedoeling, maar er werd naar een oplossing gezocht. Zo kwamen wij op het idee om de staafjes af te zagen met een metaalzaag tot staafjes van 3,5 centimeter. Door vier van deze staafjes naast elkaar te leggen dienden deze als vierkant blokje. Dit zou echter voor oneffen linialen zorgen, waardoor toch is besloten om de vierkante blokjes opnieuw te bestellen, dit keer met de juiste maten. Hier ging veel tijd aan verloren waardoor wij een paar dagen niet verder konden met de mal.

Ondertussen werd een afspraak gemaakt met het ROC om de stalen onderplaat te laten graveren. Hiervoor was namelijk geen machine op school, waardoor wij contact moesten leggen met Frank Iliopoulos, docent op het ROC. Het duurde erg lang voordat dit contact werd verkregen, waardoor wij in tijdnood kwamen. De mal moest namelijk af zijn voordat wij naar Kenia zouden afreizen, anders konden wij daar niks doen. Hierdoor kon ook niet meer uitgebreid worden getest met andere methodes en kon de mal niet opnieuw gegraveerd worden. Er was namelijk iets fout gegaan bij het graveren van de mal waardoor er extra cijfers zichtbaar waren. Dit kon niet meer verbeterd worden want daar was geen tijd meer voor; de mal moest worden afgemaakt in een week.

Vanwege gebrek aan tijd is er veel tijd besteed aan het project buiten schooltijd. Het samenwerken ging hierbij erg goed. Wij wisselden elkaar af zodat iedereen genoeg tijd over hield voor andere vakken en buitenschoolse activiteiten. Zo ging de ene helft de platen ophalen na schooltijd en de andere helft naar het ROC om de onderplaat te laten graveren. Dit project is er voornamelijk tijd doorgebracht in de werkplaats. Wij hebben niet veel achter de computer gezeten tijdens de O&O lessen en dit vonden wij alle vier eigenlijk niet zo erg. Wij hebben alle vier ervaren hoe het is om het ontwerp waar je weken aan hebt gewerkt ook daadwerkelijk zelf te maken. Dit vonden wij leuker om te doen dan het vooronderzoek dat wij hebben gedaan. Maar wij beseffen ook dat dat een belangrijk onderdeel is van een project, want zonder vooronderzoek waren wij nooit zover gekomen. Zonder kennis over het

onderwerp waar je mee bezig bent kom je niet ver.

Het hele project is over het algemeen zeer goed gelopen. Wij zijn dan ook alle vier erg trots. Natuurlijk zijn er dit project ook tegenslagen geweest, maar wij konden elke week een stapje verder en zijn niet in een impasse beland. Door de reis die wij gingen maken lag er een extra soort druk op dit project, wat veel stress opleverde. Maar het zorgde er ook voor dat wij uiterst gemotiveerd waren om een goed eindresultaat te leveren.

Het was een heel bijzonder project dat wij hebben mogen doen. Een project waarmee wij echt iets konden bereiken. Wij beseffen dat het afvalprobleem in Kenia niet direct opgelost is door ons project, maar hoe meer mensen er iets mee doen, hoe meer mensen zich bewust worden van het probleem. En misschien was dat nog wel ons voornaamste doel; mensen bewust maken van deze onmenselijke situatie in Kenia.

Nawoord

De uitvoering van deze meesterproef was voor ons een mooie en leerzame uitdaging. Het onderwerp ligt ons dicht bij het hart en dit gaf veel motivatie. Het was heel bijzonder om een project te mogen doen met betrekking tot een ander continent, maar dit bracht ook moeilijkheden met zich mee. Het was soms erg lastig om contact te krijgen met de mensen in Kenia. Hierdoor hebben wij soms veel vertraging opgelopen. Maar het heeft ook heel veel mooie ervaringen en contacten opgeleverd. Wij hebben veel mensen ontmoet in Kenia en werden door iedereen hartelijk ontvangen. Wij hebben heel veel mooie maar ook heftige dingen gezien die ons altijd zullen bijblijven.

Mede door alle contacten die zijn gelegd hebben wij daadwerkelijk ons product kunnen maken en deze uit kunnen delen aan een Keniaanse school. Doordat de linialen zo goed werden ontvangen, kunnen wij niet meer dan trots zijn op wat wij de afgelopen maanden met zijn vieren hebben neergezet. De samenwerking binnen de groep verliep goed. De taakverdeling was duidelijk en iedereen had zijn eigen verantwoordelijkheden. Door de taken op te splitsen verliep alles erg gestaag. Ook gaven we elkaar continu feedback, wat ons project alleen maar beter heeft gemaakt. Dit project is er een behoorlijke groep aan mensen die ons enorm hebben geholpen tijdens de weg naar ons eindresultaat.

Wij willen Wilson Mzungu, zijn vrouw Djedida en de fabrieksmedewerkers heel erg bedanken. Allen hebben ons heel erg geholpen tijdens ons productieproces door gastvrijheid en ondersteuning te bieden. Zij hebben het hele weekend voor ons klaar gestaan en natuurlijk de fabriek voor ons beschikbaar gesteld. Hier zijn wij ze enorm dankbaar voor. Daarnaast hebben wij enorm veel hulp gehad van Koen, Quentin en Sam, studenten van de TU Delft en stagiaires van Muima Industries. Zij hebben ons een behoorlijk eind op weg geholpen wat betreft de mal. Wij willen natuurlijk ook onze opdrachtgever, Marijn Duvekot, en onze expert, Reinoud de Klerk, bedanken. Zonder hen enthousiasme en vertrouwen in ons idee hadden wij dit project niet kunnen uitvoeren. Op school hebben wij ook veel hulp gekregen van de TOA's meneer Bosch en mevrouw Buis. Via mevrouw Buis zijn wij in contact gekomen met het ROC en zij heeft ons geholpen met de mal. Ook meneer Bosch heeft ons geholpen met het maken van de mal. Als laatst willen wij onze PWS-begeleider mevrouw P. van Reenen, onze O&O docent R. Gast en natuurlijk het Calandlyceum bedanken. Zonder hun ondersteuning en begeleiding hadden wij dit project en vooral de reis naar Kenia niet kunnen realiseren.

Bijlagen

BIJLAGE 1: HET REISVERSLAG

Eind januari 2018 zijn wij met ons project naar Kenia gegaan, om ons product daadwerkelijk te maken in de fabriek van Muima Industries. De fabriek van Muima ligt in het westen van Kenia, in de buurt van het dorp Mumias. Muima Industries wordt geleid door Wilson Mzungu en zijn vrouw. De fabriek bestaat op dit moment uit twee gebouwen; in het ene gebouw wordt het plastic afval versnipperd en in het andere gebouw worden deze snippers in de extruder verhit, waarna het gesmolten plastic in een mal wordt gespoten.

In de fabriek vindt het gehele recycleproces plaats. Allereerst wordt het verzamelde afval gesorteerd in PP, PE en overige plasticsoorten. Daarna worden deze stapels opnieuw gesorteerd op kleur. Het gesorteerde plastic gaat vervolgens in een versnippermachine. Het versnipperde afval wordt daarna gewassen. De plastic snippers worden in een grote bak gewassen. Sommige snippers zullen naar de bodem zakken, deze plastic snippers zullen vervolgens niet gebruikt worden in de rest van het proces. De snippers die blijven drijven worden op zeilen gelegd, zodat ze kunnen drogen.



Figuur 34: Het plastic afval wordt gesorteerd



Figuur 35: Het versnipperde plastic wordt gewassen

Als de snippers eenmaal gedroogd zijn, kan het machinewerk beginnen. Muima Industries heeft twee extruders. Wij hebben gebruik gemaakt van één extruder. De plastic snippers worden eerst een paar keer door de extruder gehaald, zodat al het plastic gesmolten is en het een gladde substantie wordt. Vervolgens wordt de mal aan de extruder gekoppeld. De gesmolten massa wordt dan in de mal gespoten. Wij hadden in Nederland al twee stalen mallen ontworpen, die we vervolgens in de fabriek hebben gebruikt. De mallen worden uit elkaar gedraaid en het product kan uit de mal worden gehaald. Tot slot worden alle plastic uitstulpingen en andere oneffenheden van het product verwijderd met enorme kapmessen.



Figuur 36: De plastic snippers worden gedroogd



Figuur 37: Het eindresultaat

Wij hebben het hele proces zelf ook meegemaakt. Samen met de vrouw van Wilson hebben wij de hele dag in de fabriek gewerkt en linialen gemaakt. Aangezien we twee mallen mee hadden, konden we de mallen om de beurt aan de machine koppelen, waardoor we steeds sneller konden werken.

Medewerkers van Muima Industries sneden vervolgens alle oneffenheden van de linialen, zodat ze zo recht mogelijk werden. In totaal hebben wij 134 linialen gemaakt. Een deel met gravering en een deel zonder. Het eindresultaat is in figuur 37 te zien.

Na ons bezoek aan de fabriek zijn wij teruggevlogen naar Nairobi. In Nairobi hebben we de linialen uitgedeeld op de Boston Children Centre, een basisschool in Matopeni Kayole. Matopeni is een sloppenwijk in het oosten van Nairobi. Vanuit Nederland hadden we connect-the-dot kleurplaten meegenomen. In groep 4, dat zijn kinderen rond de 7 jaar, hebben we de kleurplaten, kleurtjes en natuurlijk linialen uitgedeeld. De kinderen en docenten waren allemaal erg enthousiast en dankbaar. In figuur 38 en 39 zijn de kinderen met linialen aan het werk. Het volledige reisplan voor deze reis is terug te vinden in bijlage 2 van dit verslag.



Figuur 38: Leerlingen met de linialen



Figuur 39: Stanja helpt een leerling met de liniaal

BIJLAGEN

BIJLAGE 2: HET REISPLAN

Klik op onderstaande link om naar het reisplan te gaan:

https://docs.google.com/document/d/1rxiiufWlYeQILK2fo2YHwhPqXus8h7C_8_C-aheEStw/edit?usp=sharing

BIJLAGE 3: HET LOGBOEK

Klik op onderstaande link om naar het logboek te gaan:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-2TwYSZIOZpG1VkSVQP5dTlgsUfuGlxC8yC-6iJa6P4/edit?usp=sharing>

BIJLAGE 4: LITERATUURLIJST

- De extruder

1. Geerstma, P., "Wat is extruderen en extrusie?", www.technischwerken.nl, 1 november 2013
2. N.N., "Extrusion machine", www.preciousplastic.com, z.d.
3. Geerstma, P., "Wat is extruderen en extrusie?", www.technischwerken.nl, 1 november 2013

- PP en HDPE

4. N.N., "Wat is PP polypropyleen?", www.recycling.nl, z.d.
5. N.N., "Polyethyleen", www.wikipedia.nl, z.d.