

Geanonimiseerde versie

Vanwege de vertrouwelijkheid is alle
bedrijfsspecifieke informatie in deze
versie weggelaten of vervangen door
andere woorden.

Een onderzoek naar de afvalstromen van een productieproces

J. Zomerdijk

Studentnummer: s1474553

Bachelor Technische Bedrijfskunde
Universiteit Twente

Datum: 25-08-2017

Begeleider Bedrijf X:
Anoniem

1^e begeleider Universiteit Twente:
Dr. J.M.G. Heerkens

2^e begeleider Universiteit Twente:
Dr. ir. J.M.J. Schutten

Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeeropdracht voor de afronding van mijn bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente te Enschede. Ik heb dit onderzoek mogen uitvoeren op de AFDELING VAN PRODUCT X van BEDRIJF X te PLAATS van 24 april tot en met 7 juli 2017. Het was erg leerzaam om bij dit bedrijf een kijkje achter de schermen te nemen. Ik kijk daarom ook met een tevreden gevoel terug op deze leuke periode.

Graag wil ik alle medewerkers bedanken die mij bij dit onderzoek hebben geholpen, met in het bijzonder mijn begeleider van het bedrijf voor de begeleiding tijdens mijn afstudeerperiode. Je maakte altijd tijd voor me vrij om mij te helpen waar nodig, bedankt hiervoor!

Tot slot wil ik Hans Heerkens bedanken voor de begeleiding en feedback die ik op mijn afstuderen heb mogen ontvangen. Ook wil ik Marco Schutten bedanken als meelezend begeleider.

Jordy Zomerdijk

Augustus 2017

Managementsamenvatting

Dit verslag beschrijft een onderzoek dat is uitgevoerd bij BEDRIJF X te PLAATS. Op de AFDELING VAN PRODUCT X van BEDRIJF X in PLAATS geeft de productiedata van het afgelopen jaar weer dat de opbrengst van een batch lager ligt dan gewenst. Het bedrijf vindt het wenselijk om minimaal X kilogram product in een batch te produceren, maar in het afgelopen jaar was dit gemiddeld X kilogram product. Het gaat hierbij om de hoeveelheid kilogram goed product dat aan het eind van een batch overblijft. De oorzaak hiervan is de hoeveelheid afval die geproduceerd wordt tijdens de productie van een batch. Met dit onderzoek wordt getracht om het afval gedurende de productie van een batch in kaart te brengen en mede op basis van deze informatie enkele oplossingen aan te dragen die de productieopbrengst van een batch verhogen. De hoofdvraag van dit onderzoek is dan ook:

“Hoe kan de hoeveelheid afval tijdens het proces worden gereduceerd om de opbrengst per batch te verhogen?”

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, is het onderzoek opgedeeld in verschillende fases. Allereerst brengen we de huidige situatie van het productieproces in kaart. Het productieproces is op te delen in vijf stappen, te weten: PROCESSTAP 1, PROCESSTAP 2, PROCESSTAP 3, PROCESSTAP 4 en PROCESSTAP 5. Tijdens het proces noteren de operators AFVALSTROOM 14 EN 15 bij PROCESSTAP 2, evenals AFVALSTROOM 18, 19 en 20 bij PROCESSTAP 3.

Daarna is het begrip ‘waste’ op de AFDELING VAN PRODUCT X nader toegelicht met behulp van de theorie. ‘Waste’ op de AFDELING VAN PRODUCT X is als volgt te omschrijven:

Een fysieke vorm van waste (product) dat verloren gaat tijdens het produceren en kan worden omschreven als iets dat haar primaire functie verliest.

Vervolgens stellen we vast welke afvalstromen zinvol zijn om te meten door het productieproces te bekijken, met operators te praten en de omschrijving van het begrip ‘waste’ in het achterhoofd te houden. We gebruiken een Data Collection Plan om weer te geven hoe de gegevens worden verzameld. Er zijn metingen in de productie gedaan waarbij operators per batch een formulier invulden waarop het afval van die betreffende batch werd genoteerd. De resultaten van de metingen wijzen uit dat het verlies in de eerste processtap minimaal is. Het afval wordt voornamelijk gecreëerd in de tweede en derde processtap. Daarnaast stelde het bedrijf voor het begin van dit onderzoek dat er een hoeveelheid van X kilogram afval is, dat niet verklaarbaar is. Met behulp van de metingen is dit gat verkleind tot X kilogram. Ook blijkt uit de meetresultaten dat AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 verreweg de grootste afvalstroom van het proces is.

Het visgraatdiagram, dat gebruikt is om de oorzaken van de grootste afvalstroom in het proces te achterhalen, geeft verschillende oorzaken voor AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3:

- **Elke operator beoordeelt PRODUCT Y anders (PROCESSTAP 2):** de waarneming van een operator wat betreft de droog- en natheid van PRODUCT Y blijkt van grote invloed te zijn op AFVALSTROOM 14 EN 18 bij PROCESSTAP 2 en bij PROCESSTAP 3.
- **Vochtigheid van PRODUCT Y:** De vochtigheid van PRODUCT Y blijkt van invloed te zijn op AFVALSTROOM 14 EN 18 bij PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 3.

- **Er is geen gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2:** Er is geen sprake van een gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2 (in tegenstelling tot PROCESSTAP 3), want de operator kan deels zelf beslissen over de hoeveelheid TOEVOEGING 1 en TOEVOEGING 2 dat hij/zij gebruikt, wat weer invloed heeft op AFVALSTROOM 14 EN 15.
- **De verhouding van de matrijs bij PROCESSTAP 2 in combinatie met de leverancier van GRONDSTOF 1:** Uit de productiedata van de afgelopen tijd kan een voorzichtige conclusie getrokken worden dat GRONDSTOF 1 van leverancier NAAM minder grof afval oplevert bij PROCESSTAP 3 wanneer een bepaalde verhouding van de matrijzen wordt toegepast.

Een mogelijke oplossing voor de eerste drie oorzaken is het standaardiseren van PROCESSTAP 2. Het bedrijf is hier al mee bezig, want het treft op dit moment de voorbereidingen om de komst van een nieuwe MACHINE EX mogelijk te maken. Een mogelijke oplossing voor de vierde oorzaak is het onderzoeken van de verschillende matrijsverhoudingen op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3. Er blijkt dat het bedrijf op dit moment niet over voldoende data beschikt om de invloed van de verschillende matrijsverhoudingen op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 te onderzoeken.

Verder zijn oplossingen bedacht die tot stand zijn gekomen door met verschillende mensen van de afdeling te gaan praten en waarbij er kan worden berekend hoeveel kilogram afval er per batch ongeveer wordt bespaard. Uiteindelijk zijn twee scenario's mogelijk waarmee het bedrijf het beste meerdere kilo's afval per batch bespaart:

- Scenario 1 is de oplossing om alleen meer coatingsuspensie op te brengen op basis van de HOEVEELHEID 1 die nu PROCESSTAP 2 kan ondergaan. Dit levert een reductie op van ongeveer X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro.
- Scenario 2 is het verhogen van de maximale hoeveelheid bij PROCESSTAP 2 naar HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3 en op basis daarvan meer coatingsuspensie opbrengen. Bij een verhoging naar HOEVEELHEID 2 levert dit een reductie op van X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro (X+X euro). Bij een verhoging naar HOEVEELHEID 3 levert dit een reductie op van X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro (X+X euro).

Wanneer het bedrijf kiest voor de andere oplossingen die zijn doorgerekend (minder controles tijdens het proces), is de reductie van het afval per batch en de maximale besparing veel lager: een maximale reductie van X kilogram afval per batch en een besparing op jaarbasis van minder dan X euro.

Het advies voor het bedrijf is dat het scenario 2 toepast. Hiermee is het meeste afval te reduceren en daarnaast is er met dit scenario de grootste besparing op de kosten mogelijk (X of X euro). Daarbij zou het bedrijf als aanvulling kunnen kiezen voor minder controles tijdens het proces. Men dient dan de afweging te maken of deze verhoging van de opbrengst van maximaal X kilogram opweegt tegen het economische risico. Het economische risico is dat het verminderen van de controles ten koste kan gaan van de kwaliteit van PRODUCT Y en mogelijk blokkering van een deelcharge.

Het advies is om verder onderzoek te doen naar onderstaande oplossingen en hun mogelijke invloed op een reductie van het afval:

- Standaardisatie van PROCESSTAP 2: het effect hiervan kan gemeten worden nadat de nieuwe MACHINE EX in gebruik is genomen.
- Invloed van de verschillende matrijsverhoudingen op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3: er is meer data van de verschillende matrijsverhoudingen nodig om te kijken of er een verband is tussen de matrijsverhoudingen en AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3.
- Het vaststellen van de verhouding water/vaste stof in verschillende coatingsuspensies: op basis daarvan een conclusie trekken of het bedrijf de juiste hoeveelheid vaste stof rekent als afval.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Managementsamenvatting	2
Lijst van begrippen & afkortingen	7
1. Inleiding van het onderzoek	8
1.1 BEDRIJF X	8
1.2 Locatie van BEDRIJF X	8
1.3 AFDELING VAN PRODUCT X	8
1.4 PRODUCT X	8
1.5 Probleemidentificatie	8
1.6 Onderzoeksdoelstelling	9
1.7 Onderzoeksmethode	10
1.8 Afbakening van het onderzoek	11
2. Huidige situatie van het productieproces	12
2.1 Overzicht van het proces	12
2.2 PROCESSTAP 1	12
2.3 PROCESSTAP 2	12
2.4 PROCESSTAP 3	12
2.5 PROCESSTAP 4 & PROCESSTAP 5	12
2.6 Conclusie	13
3. Theoretisch kader	14
3.1 Het begrip 'waste'	14
3.2 Lean Six Sigma tools	15
3.3 Conclusie	18
4. Metingen en analyse	19
4.1 Process map	19
4.2 Dataverzameling	20
4.3 Meetresultaten	21
4.4 Analyse	25
4.5 Conclusie	26
5. Oplossingen	28
5.1 Standaardiseren van PROCESSTAP 2	28

5.2 Onderzoek invloed van matrijsverhoudingen en leverancier GRONDSTOF 1 op AFVALSTROOM 18.....	28
5.3 Verhouding water/vaste stof onderzoeken in coatingsuspensie.....	28
5.4 Minder proces controles tijdens proces.....	29
5.5 Verhoging van de maximale hoeveelheid (HOEVEELHEID 1) bij PROCESSTAP 2.....	30
5.6 Meer coatingsuspensie opbrengen tijdens PROCESSTAP 3	31
5.7 Besparingen per oplossing	32
5.8 Conclusie	33
6. Conclusie en aanbevelingen.....	35
6.1 Conclusie	35
6.2 Aanbevelingen.....	35
6.3 Beperkingen van het onderzoek	36
Referentielijst	37
Bijlage A – Process map PROCESSTAP 1	38
Bijlage B – Process map PROCESSTAP 2	39
Bijlage C – Process map PROCESSTAP 3	40
Bijlage D – Data Collection Plan	41
Bijlage E – Formulier afval PROCESSTAP 2	42
Bijlage F – Formulier afval PROCESSTAP 3	43
Bijlage G – Totaaloverzicht afval	44
Bijlage H – Verschil lege IBC ten opzichte van lege IBC vorige charge.....	45
Bijlage I – Data van formulieren PROCESSTAP 2	46
Bijlage J – Data van formulieren PROCESSTAP 3	47
Bijlage K – Details afvalstromen	48
Bijlage L – Visgraatdiagram	49
Bijlage M – Maximale hoeveelheid PRODUCT Y op basis van hoeveelheden coatingsuspensies.....	50

Lijst van begrippen & afkortingen

DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve en Control: methode gebruikt voor dit onderzoek</i>
GMP	<i>Good Manufacturing Practices, werken conform van tevoren opgestelde eisen, normen en processen</i>
IBC	<i>Intermediate Bulk Container, een container voor de tussenopslag van het product</i>
IPC	<i>In Proces Controles, worden uitgevoerd om te kijken of het proces correct verloopt</i>
Operator	<i>Persoon die de uitvoering van de productie voor zijn rekening neemt</i>

1. Inleiding van het onderzoek

In dit inleidende hoofdstuk komen verschillende items aan bod. Paragraaf 1.1 behandelt BEDRIJF X en in paragraaf 1.2 komt de locatie van BEDRIJF X waar het onderzoek is uitgevoerd aan bod. Daarna spitsen paragrafen 1.3 en 1.4 zich toe op de AFDELING VAN PRODUCT X en PRODUCT X dat daar geproduceerd wordt. Vervolgens behandelen de paragrafen 1.5, 1.6 en 1.7 het kernprobleem en de onderzoeksdoelstelling en -methode. Ook bespreken we in paragraaf 1.8 de afbakening van het onderzoek.

1.1 BEDRIJF X

-Weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen-

1.2 Locatie van BEDRIJF X

-Weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen-

1.3 AFDELING VAN PRODUCT X

-Weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen-

1.4 PRODUCT X

-Weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen-

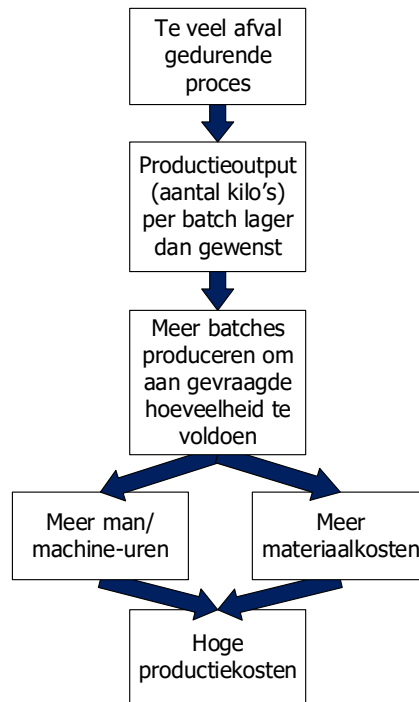
1.5 Probleemidentificatie

Aanleiding van het onderzoek

Het bedrijf wil kosten besparen met betrekking tot de batches, om de kostprijs zo laag mogelijk te houden. De productiedata op de AFDELING VAN PRODUCT X geeft weer dat niet maximaal wordt geproduceerd. De uiteindelijke 'yield', datgene wat je overhoudt als product aan het eind van het productieproces, is lager dan gewenst. Het gaat hier om het aantal kilogram van het product per batch.

Probleemkluwen

Het idee van kostenbesparing is dus het uitgangspunt. Per jaar wordt bepaald wat het jaarvolume (in kilogram) dient te zijn om de markt te kunnen beleveren. Deze hoeveelheid wordt omgerekend naar het aantal batches op jaarbasis, dat afhankelijk is van de gemiddelde opbrengst per batch. Uit de productiedata van de afgelopen jaren blijkt dat de gemiddelde opbrengst per batch lager ligt dan gewenst. Het gaat hierbij om kilogram product. Dit betekent dat er meer batches moeten worden geproduceerd om aan de gevraagde hoeveelheid kilogram per jaar te komen. Vervolgens zorgt dat voor meer productiekosten, want er moeten meer bestanddelen/grondstoffen toegevoegd worden en de operators dienen extra uren (zowel machine-uren als manuren) te werken. Figuur 1 geeft deze redenering weer, waarbij de hoeveelheid afval de oorzaak is van de lage productieopbrengst.



Figuur 1: Probleemkluwen

Kernprobleem

Om het kernprobleem te kiezen, is het noodzakelijk om terug te gaan in de probleemkluwen totdat je een probleem tegen komt dat geen oorzaak meer heeft in de probleemkluwen (Heerkens & Winden, 2012). Het probleem dat de productieopbrengst per batch lager is dan gewenst, heeft een oorzaak. Dit wordt veroorzaakt door de afvalstromen tijdens het proces. Dit onderzoek draait om het in kaart brengen van de afvalstromen in het proces en de oorzaken daarvan te achterhalen. Het kernprobleem is dus de te hoge hoeveelheid productafval die tijdens het proces wordt geproduceerd. In overleg met mijn afstudeerbegeleider is gekozen om hier op te focussen, want dit kernprobleem draagt bij aan een verhoging van de opbrengst per batch. Er is niet gekozen om de andere twee factoren (man/machine-uren reductie en materiaalkosten) van de hoge productiekosten te onderzoeken, omdat deze verder weg liggen in de probleemkluwen en eigenlijk een gevolg zijn van de gewenste productieopbrengst die niet gehaald wordt. Een onderzoek naar man/machine-uren reductie en de materiaalkosten kan wel bijdragen aan een verlaging van de kostprijs, maar dit valt dus buiten dit onderzoek. De productieopbrengst kan uitgedrukt worden in een werkelijkheids- en normcijfer. Uit de productiegegevens van het laatste halfjaar van 2016 is gebleken dat er gemiddeld X kilogram per batch wordt geproduceerd. De gemiddelde opbrengst per batch over het eerste halfjaar in 2017 is zelfs nog lager, namelijk X kilogram. De norm is echter X kilogram per batch.

1.6 Onderzoeksdoelstelling

Het doel van dit onderzoek kan verdeeld worden in twee subdoelen:

- Het inzichtelijk maken van de afvalstromen gedurende productie
- Mede op basis van data mogelijke oplossingen/aanbevelingen aandragen om de productieopbrengst van een batch te verhogen

1.7 Onderzoeksmethode

DMAIC methode

Om dit onderzoek uit te voeren, is ervoor gekozen om de DMAIC methode te volgen die voor Lean Six Sigma projecten wordt gebruikt. Deze keuze is gemaakt, omdat er binnen BEDRIJF X veel projecten worden uitgevoerd volgens de DMAIC methode van Lean Six Sigma. In overleg met mijn afstudeerbegeleider van het bedrijf, zijn we tot de conclusie gekomen dat dit ook een goede methode is voor dit onderzoek.

DMAIC staat voor Define, Measure, Analyse, Improve en Control en is een systematische manier om bestaande processen te verbeteren (Morgan & Brenig-Jones, 2016):

- Define: In deze fase wordt het probleem gedefinieerd
- Measure: Deze fase brengt de huidige situatie van het proces in kaart door middel van metingen
- Analyse: In deze fase worden de gegevens uit de vorige fase geanalyseerd en wordt er gezocht naar oorzaken
- Improve: De verbeterfase is bedoeld voor het vinden van juiste oplossingen
- Control: In deze fase wordt er bedacht hoe de oplossingen het beste geïmplementeerd kunnen worden

Onderzoeksvraag en deelvragen

De deelvragen zijn opgebouwd aan de hand van de DMAIC methode, waarbij de Control fase buiten dit onderzoek valt. De Define fase betreft het inleidende hoofdstuk van dit verslag en de eerste deelvraag. De rest van de deelvragen betreft de Measure, Analyse, en Improve fases. Alle deelvragen dragen uiteindelijk bij aan de beantwoording van deze onderzoeksvraag:

“Hoe kan de hoeveelheid afval tijdens het proces worden gereduceerd om de opbrengst per batch te verhogen?”

Deelvraag 1: Wat is de huidige manier van produceren? (Define fase)

Hoofdstuk 2 behandelt de eerste deelvraag: “Wat is de huidige manier van produceren?” In deze eerste deelvraag brengen we het huidige proces in kaart door de werkvloer op te gaan en documentatie over het proces door te nemen. In deze fase is het van belang om te weten uit welke processtappen het proces bestaat en welke functie elk van de stappen heeft.

Deelvraag 2: Deze vraag bestaat uit twee subvragen:

- Hoe wordt ‘waste’ omschreven in de literatuur?
- Welke ‘tools’ uit de Lean Six Sigma methode kunnen gebruikt worden voor de Measure en Analyse fase van dit onderzoek?

In hoofdstuk 3 komen de twee bovenstaande deelvragen aan bod. Deze deelvragen beantwoorden we met behulp van de literatuur. Ten eerste kijken we hoe het begrip ‘waste’ wordt uitgelegd in de literatuur. Gebaseerd op de theorie over waste, omschrijven we het begrip zoals wij het hier bij het productieproces zien. Ten tweede lichten we met behulp van theorie de ‘tools’ toe die we gebruiken bij deelvragen 3 en 4.

Deelvraag 3: Waar ontstaat er afval in het proces en hoeveel is dit? (Measure fase)

Hoofdstuk 4 vormt het antwoord op deze deelvraag. Deze deelvraag beantwoorden we door eerst de afvalstromen in kaart te brengen. Dit doen we door bij het productieproces te kijken, met operators te praten en de omschrijving van 'waste' uit deelvraag 2 in het achterhoofd te houden. Vervolgens maken we een overzicht hoe de data wordt verzameld. Daarna voeren we metingen in de productie uit om de data te verwerven. We gaan in gesprek met operators over de afvalstromen die zich voordoen, om zo een compleet beeld te krijgen van de afvalstromen.

Deelvraag 4: Welke oorzaken kunnen er gegeven worden voor het ontstaan van de verschillende afvalstromen? (Analyse fase)

Hoofdstuk 4 geeft het antwoord op deze deelvraag. Nadat de afvalstromen in kaart zijn gebracht, kijken we naar de oorzaken van deze afvalstromen. De beantwoording van deze deelvraag volgt uit de analyse van de data die is opgedaan in deelvraag 3. Ook vinden er gesprekken/interviews plaats met de mensen op de productieafdeling over de oorzaken van de verschillende afvalstromen.

Deelvraag 5: Welke mogelijke oplossingen zijn er voor een vermindering van het afval? (Improve fase)

Deze laatste deelvraag behandelen we in hoofdstuk 5 en geeft mogelijke oplossingen weer die voor een vermindering van het afval moeten zorgen. De beantwoording gebeurt onder andere door in gesprek te gaan met verschillende mensen die bij de AFDELING VAN PRODUCT X zijn betrokken en door creatief te denken. De bevindingen van deelvraag 3 en 4 worden hierin meegenomen. Op basis hiervan formuleren we een conclusie en doen we aanbevelingen in hoofdstuk 6.

1.8 Afbakening van het onderzoek

Het onderzoek heeft alleen betrekking op het productieproces op de AFDELING VAN PRODUCT X van BEDRIJF X. PROCESSTAP 4 EN 5 vallen buiten dit onderzoek, omdat tijdens die stappen het productverlies nihil is. Ook valt de Control fase (C van de DMAIC methode) buiten dit onderzoek, omdat ik samen met mijn begeleider bij het bedrijf tot de conclusie ben gekomen dat het tijdsbestek van afstuderen daarvoor te kort is.

2. Huidige situatie van het productieproces

Dit hoofdstuk beantwoordt uiteindelijk de eerste deelvraag: “Wat is de huidige manier van produceren?”. In paragraaf 2.1 doen wij dit door eerst het productieproces op de AFDELING VAN PRODUCT X globaal te omschrijven. Vervolgens lichten we de verschillende processtappen in detail toe in paragrafen 2.2, 2.3, 2.4 en 2.5. In paragraaf 2.6 volgt de conclusie van dit hoofdstuk.

2.1 Overzicht van het proces

Het productieproces op de AFDELING VAN PRODUCT X is een batchproces en kan worden opgedeeld in vijf processtappen. Figuur 2 geeft de volgorde van deze processtappen schematisch weer.



Figuur 2: Overzicht proces

2.2 PROCESSTAP 1

In deze processtap worden GRONDSTOF 1 en GRONDSTOF 2 gemengd. Verdere procesdetails van deze processtap zijn weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen.

2.3 PROCESSTAP 2

In deze processtap wordt TOEVOEGING 1 en TOEVOEGING 2 toegevoegd om uiteindelijk PRODUCT Y te vormen. Verdere procesdetails van deze processtap zijn weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen. Nadat het proces voorbij is, wordt er vastgesteld hoeveel afval er ontstaan is. Dit afval wordt genoteerd:

- AFVALSTROOM 14
- AFVALSTROOM 15

Er is nog sprake van overig afval tijdens PROCESSTAP 2. Dit wordt in kaart gebracht in hoofdstuk 4.

2.4 PROCESSTAP 3

In deze processtap wordt coatingsuspensie toegevoegd aan PRODUCT Y door middel van MACHINE FL. Verdere procesdetails van deze processtap zijn weggelaten om de anonimiteit van het bedrijf te waarborgen. Het afval bij deze processtap wordt onderverdeeld in:

- AFVALSTROOM 18
- AFVALSTROOM 19
- AFVALSTROOM 20

Er is nog sprake van overig afval tijdens PROCESSTAP 3. Dit wordt in kaart gebracht in hoofdstuk 4.

2.5 PROCESSTAP 4 & PROCESSTAP 5

In de vierde processtap worden verschillende delen bij elkaar gevoegd om een batch te vormen. In de vijfde processtap wordt het product verpakt. Door bij deze processtappen te gaan kijken, is geconcludeerd dat het afval tijdens deze stappen nihil is. Daarom wordt deze processtap ook buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek.

2.6 Conclusie

Hoofdstuk 2 geeft antwoord op de deelvraag “Wat is de huidige manier van produceren?”. Er blijkt dat het productieproces onder te verdelen is in vijf stappen:

1. PROCESSTAP 1: grondstoffen worden gemengd.
2. PROCESSTAP 2: het vormen van PRODUCT Y.
3. PROCESSTAP 3: coatingsuspensie wordt toegevoegd.
4. PROCESSTAP 4: delen worden bij elkaar gevoegd om een batch te vormen.
5. PROCESSTAP 5: het product wordt verpakt.

Echter, voor de start van dit onderzoek is bepaald dat de laatste twee processtappen (PROCESSTAP 4 en PROCESSTAP 5) buiten beschouwing worden gelaten, omdat het afval daar nihil blijkt te zijn. Ook blijkt dat er op het gebied van afval alleen AFVALSTROOM 14 EN 15 bij PROCESSTAP 2 wordt genoteerd, evenals AFVALSTROOM 18, 19 EN 20 bij PROCESSTAP 3. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de overige afvalstromen, die nog niet worden meegenomen door het bedrijf.

3. Theoretisch kader

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de tweede deelvraag, welke bestaat uit twee subvragen: “Hoe wordt ‘waste’ omschreven in de literatuur? En welke ‘tools’ uit de Lean Six Sigma methode kunnen gebruikt worden voor de Measure en Analyse fase van dit onderzoek?”. Paragraaf 3.1 behandelt het begrip ‘waste’, terwijl paragraaf 3.2 de ‘tools’ van Lean Six Sigma behandelt. In paragraaf 3.3 volgt de conclusie van dit hoofdstuk.

3.1 Het begrip ‘waste’

Het begrip waste kan worden omschreven als een non-value-adding activity (Thürer et al., 2017). Volgens Pongracz & Pohjola (2003) kan iets waste worden genoemd als het geen doel heeft waarvoor het wordt gebruikt. Hicks et al. (2003) concluderen dat iets waste wordt genoemd als het haar primaire functie verliest, maar daarnaast kan het tegelijkertijd nog een tweede functie hebben. Het kan bijvoorbeeld als grondstof dienen voor een ander proces.

Om het begrip ‘waste’ in categorieën onder te verdelen, starten Hicks et al. (2003) en Thürer et al. (2017) met een verdeling van waste in zeven soorten zoals Ohno (1988) deze bedacht heeft:

1. Overproduction waste. Ontstaat wanneer er meer wordt geproduceerd dan gevraagd.
2. Waiting waste. Ontstaat wanneer mensen of machines moeten wachten op voltooiing van de voorgaande processtap.
3. Transportation waste. Ontstaat wanneer er onnodige beweging is van materialen.
4. Extra processing waste. Ontstaat onder andere wanneer er sprake is van producten die opnieuw moeten worden geproduceerd.
5. Inventory waste. Ontstaat wanneer er sprake is van producten die nog niet helemaal af zijn. Deze producten wachten op een bewerking door een machine en worden gezien als tussenvoorraad. Deze tussenvoorraad vereist extra handelingen en ook ruimte.
6. Motion waste. Ontstaat wanneer er bijvoorbeeld sprake is van een operator die extra handelingen moet verrichten tijdens een proces.
7. Defects waste. Ontstaat wanneer producten niet aan de specificatie of de wensen van de klant voldoen.

Thürer et al. (2017) concluderen dat deze zeven soorten waste verder zijn onder te verdelen in ‘process waste’ en ‘operation waste’. Process waste is een term voor waste die kan ontstaan bij een productieproces dat grondstoffen transformeert in een product. Dit zijn zowel fysieke als niet-fysieke vormen van waste. Terwijl operation waste ontstaat wanneer een product daadwerkelijk wordt geproduceerd met een machine. Hierbij gaat het alleen om fysieke vormen van waste. Ook Hicks et al. (2003) maken een verdeling van de zeven soorten waste, maar omschrijven dit met andere woorden. Waste kan volgens hen ontstaan bij individuele processen of de relatie tussen processen. Volgens Hicks et al. (2003) zijn extra processing waste en motion waste voorbeelden van de zeven soorten waste die bij een individueel proces ontstaan. Terwijl overproduction, waiting, transportation en inventory waste ontstaan door de relaties tussen verschillende processen. Defects waste ontstaat bij individuele processen, maar ook door de relatie tussen verschillende processen. Naast de zeven soorten waste, zoals besproken, voegen Hicks et al. (2003) & Thürer et al. (2017) hier nog een achte soort waste aan toe: unused human potential. Hierbij kun je denken aan ongebruikte talenten of creativiteit van werknemers.

Een andere manier om waste te classificeren is op basis van: toestand, oorsprong, karakteristieken en materiaal type (Hicks et al., 2003) (Pongrácz & Pohjola, 2004). De toestand van het afval kan bijvoorbeeld vloeibaar zijn, maar ook een vast product of een gas. Daarnaast kun je waste classificeren op basis van een karakteristiek dat het heeft. Het kan bijvoorbeeld brandbaar zijn of gevaarlijke stoffen bevatten. Nog een andere mogelijkheid is om waste op basis van oorsprong te verdelen (bijvoorbeeld cleaning waste of processing waste). Bovendien kan waste verdeeld worden op basis van het type materiaal. Bij deze vormen gaat het dus om de fysieke vorm van waste (Hicks et al., 2003). Dit in tegenstelling tot de eerder genoemde zeven vormen van waste die deels niet fysiek zijn.

Door met eigen ogen het proces te bekijken, weten we ongeveer wat men verstaat onder het begrip waste bij het productieproces op de AFDELING VAN PRODUCT X. Met behulp van de literatuur komen we tot een preciezere classificatie van het begrip waste dat ons helpt bij het in kaart brengen van de afvalstromen in het volgende hoofdstuk. De waste die ontstaat tijdens het productieproces op de AFDELING VAN PRODUCT X kan als volgt omschreven worden:

Het is een fysieke vorm van waste (product) dat verloren gaat tijdens het produceren en kan worden omschreven als iets dat haar primaire functie (dienen als PRODUCT X) verliest. Een uitzondering is er bij PROCESSTAP 2: waste dat daar gecreëerd wordt, wordt weer opnieuw gebruikt in PROCESSTAP 2. De waste heeft daar dus een tweede functie (dienen als grondstof voor het proces).

Voor het overgrote deel is het afval een vast product en bestaat het voor X procent uit één type grondstof: GRONDSTOF 1. Daarnaast worden er nog hulpstoffen toegevoegd. Uit de literatuur is ook te concluderen dat het gaat om operation waste, want het grootste deel van het afval ontstaat doordat het product wordt bewerkt met een machine. Ook ontstaat de waste door een relatie tussen de verschillende deelprocessen, want als bijvoorbeeld PROCESSTAP 2 te grote PRODUCT Y maakt, dan zal MACHINE FL door de opgebrachte coating nog grotere PRODUCT Y maken en dus veel afval hebben.

3.2 Lean Six Sigma tools

Er is gekozen om de DMAIC methode van Lean Six Sigma te gebruiken in dit onderzoek, zoals eerder uitgelegd in hoofdstuk 1. Tijdens de fases van de DMAIC gebruiken we vier 'tools' van Lean Six Sigma die zinvol zijn voor dit onderzoek. Deze 'tools' zijn in overleg met een FUNCTIENAAM 1 bij het bedrijf uitgekozen. De FUNCTIENAAM 1 bij het bedrijf houdt zich onder andere bezig met Lean Six Sigma projecten. De 'tools' worden hieronder uitgelegd.

Process mapping

Om duidelijk te maken waar in het productieproces afval ontstaat, stellen we in de measure fase een process map op. Een process map is een grafische weergave van een productieproces, waarbij opeenvolgende taken van een proces worden weergegeven (Pyzdek, 2003). Het helpt om de relatie tussen de verschillende inputs en outputs van een proces in te zien. Process mapping kan globaal worden opgedeeld in drie verschillende vormen (Six Sigma Institute, 2017):

- Process Flowchart: een simpele vorm van process mapping, waarbij de activiteiten in een proces stap voor stap worden genoemd.
- Deployment Flowchart: hierbij wordt ook aangegeven welke rol de verschillende afdelingen/stakeholders hebben in het proces.

- Alternate Path Flowchart: deze process map geeft ook alternatieve paden weer van de stappen in het proces.

In de measure fase (hoofdstuk 4) gebruiken we de simpelste vorm (process flowchart) om de afvalstromen van het proces aan te duiden. We gebruiken de andere twee tools niet, omdat het proces simpel in kaart moet worden gebracht en daarbij gaat het niet om de taken die verschillende afdelingen/stakeholders hebben in het proces (deployment flowchart). Daarnaast is het voor dit onderzoek niet van belang om na te denken over alternatieve paden in het proces (alternate path flowchart), omdat het productieproces een batchproces betreft waarbij de stappen van het proces steeds een vaste volgorde aanhoudt. Hier zit geen variatie in.

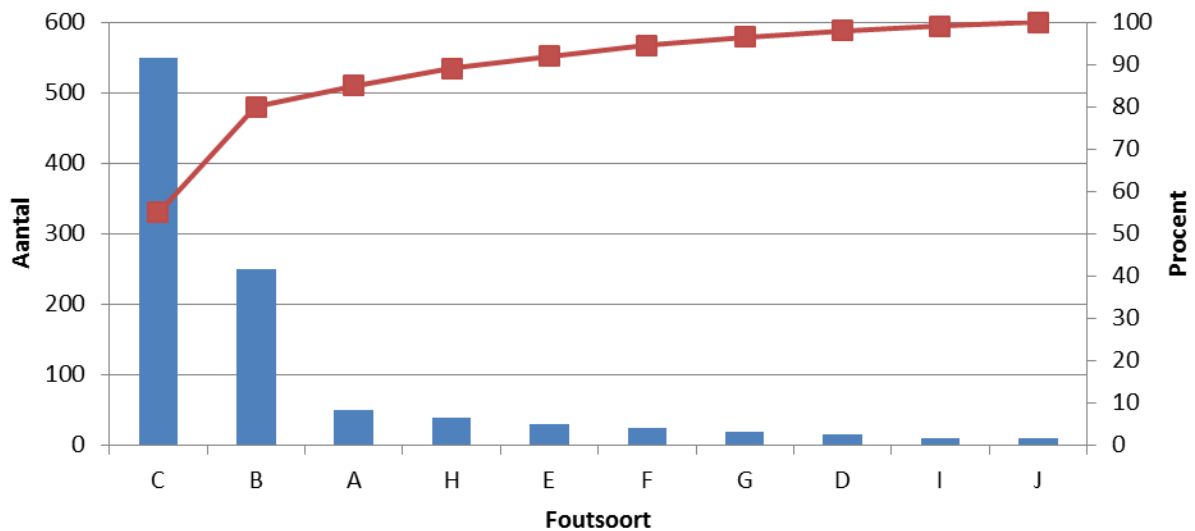
Data collection plan

Nadat het proces en de afvalstromen in kaart zijn gebracht, stellen we een data collection plan op. Een data collection plan is een schema die in één overzicht weergeeft hoe de gegevens worden verzameld (John, Meran, Roenpage, & Staudter, 2008). Het geeft antwoord op de vragen:

- *Welke data wordt er verzameld?*
De kolom 'operationele definitie' van de meting geeft weer wat er wordt gemeten en hoe de meting wordt uitgevoerd.
- *Hoe worden de gegevens verzameld?*
De kolom 'collection method' geeft aan hoe de gegevens verzameld worden.
- *Door wie worden de gegevens verzameld?*
De kolom 'data collector' geeft aan wie de gegevens verzamelt.
- *Hoeveel data is er nodig?*
De kolom 'sample size' geeft aan hoeveel gegevens er nodig zijn en hoelang de periode van meten is.
- *Waar worden de gegevens verzameld?*
De kolom 'data source' geeft weer waar de gegevens vandaan komen.

Pareto analyse

Een Pareto analyse is een analyse waarbij het aantal fouten per foutsoort weergegeven wordt. Daarnaast geeft deze analyse van elke foutsoort een percentage ten opzichte van het totaal van de fouten (Morgan & Brenig-Jones, 2016). Een bekende regel bij de Pareto analyse is de 80:20 regel: 80 procent van de fouten wordt veroorzaakt door 20 procent van de foutsoorten. Figuur 3 geeft een voorbeeld van een Pareto-grafiek en toont dat foutsoorten B en C ongeveer 80 procent van het totaal van de fouten vormt.



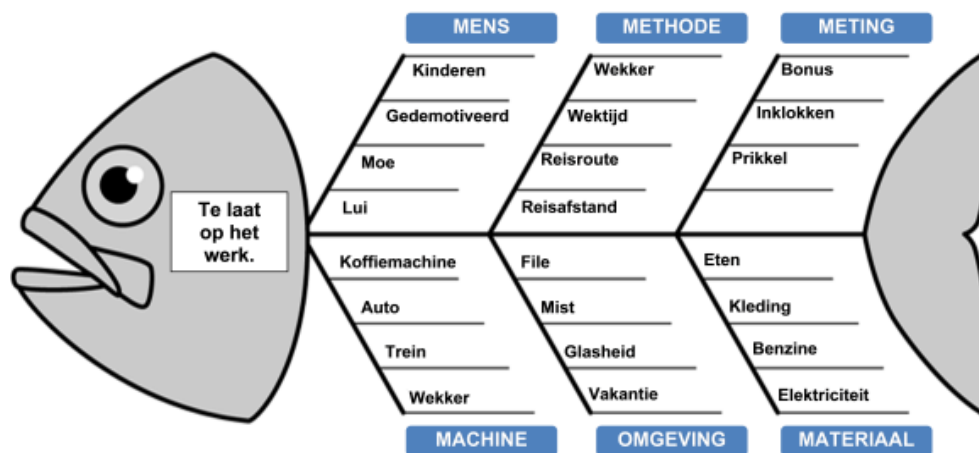
Figuur 3: voorbeeld Pareto-grafiek

De Pareto analyse gebruiken we in de Analyse fase van dit onderzoek. Er wordt niet gekeken naar het aantal fouten per foutsoort, maar naar het aantal kilogram afval per afvalstroom.

Visgraat diagram

Een visgraatdiagram, ook wel Ishikawadiagram of cause & effect diagram genoemd, is een manier om oorzaken van een probleem gegroepeerd te presenteren (Morgan & Brenig-Jones, 2016). Figuur 4 geeft een voorbeeld van een visgraatdiagram. Over het algemeen worden de oorzaken onderverdeeld in de zes M's:

- Mens
- Methode
- Meting
- Machine
- Milieu/omgeving
- Materiaal



Figuur 4: Voorbeeld visgraatdiagram

Bron: (Google Images, 2017)

In de kop van de vis wordt vaak het effect/probleem benoemd dat je onderzoekt. Door middel van overleg met verschillende mensen groeperen we oorzaken onder de zes M's. De zes M's dienen voor de mensen als een leidraad om in de richting van het productieproces te denken. Een nadeel van een visgraatdiagram is dat de aard van de relatie tussen de oorzaken/problemen niet duidelijk wordt.

3.3 Conclusie

Hoofdstuk 3 geeft antwoord op de deelvragen “Hoe wordt ‘waste’ omschreven in de literatuur? En welke ‘tools’ uit de Lean Six Sigma methode kunnen gebruikt worden voor de Measure en Analyse fase van dit onderzoek?”.

Er blijkt dat met behulp van de literatuur het begrip ‘waste’ op de AFDELING VAN PRODUCT X als volgt te omschrijven is:

Een fysieke vorm van waste (product) dat verloren gaat tijdens het produceren en kan worden omschreven als iets dat haar primaire functie (dienen als PRODUCT X) verliest. Een uitzondering is er bij PROCESSTAP 2: waste dat daar gecreëerd wordt, wordt weer opnieuw gebruikt in PROCESSTAP 2. De waste heeft daar dus een tweede functie (dienen als grondstof voor het proces).

Daarnaast is de theorie behandeld van vier verschillende Lean Six Sigma ‘tools’ die worden gebruikt in dit onderzoek:

- Process mapping: een manier om het proces grafisch weer te geven.
- Data Collection Plan: een manier om weer te geven hoe de data wordt verzameld.
- Pareto Analyse: een manier om het aantal kilogram per afvalstroom overzichtelijk weer te geven.
- Visgraatdiagram: een manier om de oorzaken van een probleem gegroepeerd te presenteren. We concluderen dat het visgraatdiagram een goede methode is om te gebruiken bij het overleg met verschillende mensen over de mogelijke oorzaken van een afvalstroom. Er is een nadeel wanneer we een visgraatdiagram gebruiken: de aard van de relatie tussen de oorzaken/problemen wordt niet duidelijk in een visgraatdiagram. Dit nadeel vangen we in paragraaf 4.4 deels op door de onderlinge relatie weer te geven van de oorzaken die uit het visgraatdiagram naar voren komen.

4. Metingen en analyse

In dit hoofdstuk volgt de Measure en Analyze fase van de DMAIC methode. De Measure fase betreft de deelvraag “Waar in het proces ontstaat er afval en hoeveel is dit?” en de Analyze fase volgt met de deelvraag “Welke oorzaken kunnen er gegeven worden voor het ontstaan van de verschillende afvalstromen?”.

In paragraaf 4.1 brengen we de afvalstromen in kaart door middel van een process map. Vervolgens geeft een data collection plan in paragraaf 4.2 duidelijkheid over de dataverzameling van de verschillende afvalstromen. Paragraaf 4.3 behandelt de meetresultaten van de verschillende afvalstromen. Daarna bespreekt paragraaf 4.4 de oorzaken van de grootste afvalstroom. Tot slot volgt in paragraaf 4.5 de conclusie.

4.1 Process map

Buiten de voor het bedrijf bekende afvalstromen om, is er overig afval waarvan de hoeveelheden niet precies bekend zijn bij het bedrijf. Totaal bedraagt de hoeveelheid afval in het proces die nog moet worden verklaard ongeveer X kilogram per batch. Deze hoeveelheid proberen we te verklaren door eerst de afvalstromen in kaart te brengen met behulp van een process map. De process map voor dit proces is opgedeeld in de drie processtappen: PROCESSTAP 1, PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 3. Bijlage A, B en C tonen de process map per processtap.

Door bij het productieproces te gaan kijken, met operators te praten en de omschrijving van ‘waste’ uit paragraaf 3.1 in het achterhoofd te houden, is geconcludeerd dat het zinvol is om het afval van de volgende afvalstromen te gaan meten (nummers komen overeen met process map):

1. AFVALSTROOM 1
2. AFVALSTROOM 2
3. AFVALSTROOM 3
4. AFVALSTROOM 4
5. AFVALSTROOM 5
6. AFVALSTROOM 6
7. AFVALSTROOM 7
8. AFVALSTROOM 8
9. AFVALSTROOM 9
10. AFVALSTROOM 10
11. AFVALSTROOM 11

De overgebleven afvalstromen (de rest van de rode vakjes in de process map) zijn niet onderzocht om verschillende redenen. Tabel 1 geeft per afvalstroom de reden weer.

Tabel 1: Redenen om afval niet te meten

Nummer	Afval	Reden
12	AFVALSTROOM 12	Het komt nauwelijks voor dat er grondstoffen overblijven die uiteindelijk niet worden gemengd, omdat de grondstoffen nauwkeurig worden afgewogen op een vooraf gestelde hoeveelheid
13	AFVALSTROOM 13	Dit gaat te ver om in kaart te brengen en draagt ook niet bij aan een verhoging van de productieopbrengst. Daarnaast past deze afvalstroom niet binnen de omschrijving van waste, zoals in paragraaf 3.1 naar voren komt.
14 15	AFVALSTROOM 14 AFVALSTROOM 15	Deze hoeveelheden afval zijn bekend en worden opgeslagen bij de gegevens van de betreffende batch
16	AFVALSTROOM 16	Vastgesteld dat er soms PRODUCT Y blijft plakken in de emmers, maar dit verlies is nihil (We schatten dat dit minder is dan 100 gram per batch)
17	AFVALSTROOM 17	Het is te berekenen hoeveel vaste stof uit de coatingsuspensie er per batch overblijft (zie gegevens van een batch). Of deze theoretische berekening klopt, is nog de vraag. In paragraaf 5.3 wordt dit verder toegelicht.
18 19 20	AFVALSTROOM 18 AFVALSTROOM 19 AFVALSTROOM 20	Deze hoeveelheden afval zijn bekend en worden opgeslagen bij de gegevens van de betreffende batch

4.2 Dataverzameling

Een data collection plan (Bijlage D) beschrijft de dataverzameling van bovenstaande afvalstromen in detail. Voor het grootste gedeelte van de dataverzameling is ervoor gekozen om formulieren bij het proces op te hangen waarop operators per batch een aantal gegevens invullen. Bijlage E en F geven deze formulieren weer. Bij het invullen van de formulieren is een aantal zaken van belang:

- Hoe worden de operators gemotiveerd om de formulieren in te vullen? Er is duidelijk uitgelegd wat het doel is van de verzameling van deze gegevens.

- Hoe wordt voorkomen dat operators zich zorgen maken over de gevolgen van de gegevens die ze invullen? De formulieren zijn anoniem verwerkt. Er zijn bijvoorbeeld geen namen van operators ingevuld op de formulieren.
- Hoelang wordt er met de formulieren data verzameld? Data is verzameld van ongeveer X batches, want dit geeft voldoende betrouwbare meetgegevens. Daarnaast is dit aantal gekozen, omdat er dan data wordt verzameld van meer dan één serie met batches die achter elkaar geproduceerd worden. Tussen deze series door worden de machines schoongemaakt. Door data uit twee series van batches te verwerven, wordt bijvoorbeeld een mogelijk verband van meer afval bij de batches in één serie deels weggenomen.
- Hoe worden de metingen uitgevoerd? De operator vult gedurende de productie van een batch de gegevens op het formulier in. Een operator weegt het afval van een batch door een weegschaal op de afdeling te gebruiken en vult deze gegevens in bij het betreffende vakje op het formulier.

4.3 Meetresultaten

Hieronder volgt per afvalstroom een korte beschrijving van de meting met daarbij de gemiddelde waarden van de betreffende afvalstroom. Bijlage G geeft een totaaloverzicht van de gemiddelden en daaruit blijkt dat er een gat overblijft van ongeveer X kilogram afval per batch dat niet nader te verklaren is. Dit gat was ongeveer X kilogram per batch, zoals vermeld staat in paragraaf 4.1. Er moet vermeld worden dat er een mogelijke onnauwkeurigheid van de weegschalen (van bijvoorbeeld X kilogram) is, dat de resultaten minimaal beïnvloedt.

1. AFVALSTROOM 1

Operators voeren een SCHOONMAAK uit nadat een serie van batches is geproduceerd. Aan het eind van deze serie worden de machines dan gedemonteerd en helemaal schoongemaakt. Door een SCHOONMAAK van PROCESSTAP 1 bij te wonen, is er vastgesteld hoeveel kilogram afval er in de machines achterblijft. Er was tijdens de uitvoering van dit onderzoek geen mogelijkheid om meerdere keren het afval bij een SCHOONMAAK te meten, simpelweg omdat de afstudeerperiode daarvoor te kort was. In totaal bedraagt het gewicht van deze afvalstroom ongeveer X kilogram, wat neerkomt op ongeveer X kilogram per batch (serie van X batches). Op basis van deze ene meting kun je zeggen dat het getal niet heel erg nauwkeurig is. Bijlage K geeft weer welke machines en machineonderdelen zijn meegenomen in deze meting.

2. AFVALSTROOM 2

Bij het observeren van het proces is er geconstateerd dat in de IBC's mogelijk afval achterblijft. Een IBC is een Intermediate Bulk Container en zorgt voor het transport van het product tussen PROCESSTAP 1 en PROCESSTAP 2, evenals tussen PROCESSTAP 4 en PROCESSTAP 5. Om in kaart te brengen wat er achterblijft in deze IBC's, is er data van verschillende charges opgevraagd bij de afdeling NAAM.

Elk deel van een batch wordt gemengd in één bepaalde IBC. Bijvoorbeeld deel X wordt constant gemengd en vervoerd in IBC nummer X. Terwijl deel X constant gemengd en vervoerd wordt in IBC nummer X. In totaal zijn er dus X IBC's die worden gebruikt om de X delen te mengen. Om te kijken of er product achter blijft in deze IBC's, wordt eerst het leeggewicht van een IBC gewogen. Daarna wordt de IBC gevuld en tevens gemengd. Het volgewicht van de IBC wordt ook gewogen. Daaropvolgend wordt met PROCESSTAP 2 diezelfde IBC geleegd en daarna wordt de IBC opnieuw

gebruikt voor het mengen van de volgende batch. Het proces herhaalt zich weer en door het leeggewicht opnieuw te meten, kun je berekenen wat er overblijft van het vorige deel.

Bijlage H geeft van verschillende batches weer wat het verschil is in gewicht van de lege IBC ten opzichte van de lege IBC van de vorige batch. Figuur 5 geeft een deel van de resultaten weer voor IBC nummer X (deel X). De getallen in de rode vakjes is het gewicht in kilogram van de grondstoffen die achterblijven in een IBC. Wanneer een vakje groen is, betekent dat het leeggewicht van de IBC minder is dan het leeggewicht van een IBC in de batch daarvoor. Dan zijn er dus geen resten achtergebleven in de IBC of de IBC is beter leeggemaakt. Over alle IBC's genomen, is het gemiddelde gewicht van grondstoffen die achterblijven in een IBC X kilogram. Er kan dus worden geconcludeerd dat het verschil in gewicht van een lege IBC ten opzichte van een lege IBC van de vorige batch minimaal is. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met de nauwkeurigheid van de weegschaal. De weegschaal waarmee het leeggewicht van een IBC wordt gewogen geeft het gewicht op tienden nauwkeurig. Deze afronding zorg ervoor dat bijvoorbeeld een gewicht van X kg afgerond wordt op X kg en X kg op X kg. Daarom is het gemiddelde van X kilogram niet heel nauwkeurig te noemen en is de conclusie dat er nauwelijks grondstoffen worden verloren op dit punt.

Verskil Lege IBC t.o.v. Lege IBC vorige batch	

Figuur 5: Verskil in gewicht in kilogram IBC t.o.v. IBC vorige batch

3. AFVALSTROOM 3

Tijdens PROCESSTAP 2 worden er meerdere IPC 1 uitgevoerd. Operators hebben van verschillende batches het afval van deze afvalstroom gewogen en genoteerd. Uit de meetresultaten in bijlage I blijkt dat er gemiddeld X kilogram product per IPC 1 verloren gaat, dit komt neer op X kilogram per deel. Per batch is dit X kilogram (X x X kilogram).

4. AFVALSTROOM 4

Nadat het materiaal is bewerkt door MACHINE EX, wordt het materiaal gevormd in MACHINE SP. Bij het bewerken van het materiaal met MACHINE SP, komt er afval vrij dat wordt opgevangen in MACHINEONDERDEEL CY (Figuur 6). Een operator kan gedurende PROCESSTAP 2 het afval uit het MACHINEONDERDEEL CY legen en weer terugbrengen in het proces. Om een beeld te krijgen van wat er overblijft aan afval in MACHINEONDERDEEL CY na afloop van een batch, is bij verschillende batches het gewicht van dit afval bijgehouden. Bijlage I geeft deze meetresultaten weer. Er komt gemiddeld X kg afval in MACHINEONDERDEEL CY terecht gedurende een batch.



Figuur 6: MACHINEONDERDEEL CY

5. AFVALSTROOM 5

Nadat het materiaal is bewerkt door de MACHINE SP, wordt MACHINE TR gebruikt. Hierbij ontstaat afval dat wordt opgevangen in een emmer onder MACHINE TR. Er is door operators bijgehouden hoeveel kilogram er per batch als afval opgevangen wordt. Bijlage I geeft deze meetresultaten weer. Er wordt gemiddeld X kg afval uit MACHINE TR opgevangen per batch.

6. AFVALSTROOM 6

Bij PROCESSTAP 2 ontstaat er daarnaast afval dat in de stofzuiger verdwijnt. De stofzuiger wordt gebruikt voor het opzuigen van het afval tijdens en na afloop van een batch. Bijlage K geeft weer bij welke machineonderdelen het afval wordt opgezogen en bijlage I geeft de meetresultaten weer van deze afvalstroom. Gemiddeld wordt er per batch X kg afval opgevangen in de stofzuiger.

7. AFVALSTROOM 7

De SCHOONMAAK bij PROCESSTAP 2 gaat volgens hetzelfde principe als bij PROCESSTAP 1. Ook hier worden de machines gedemonteerd en helemaal schoongemaakt. Door ook deze SCHOONMAAK bij te wonen, is er vastgesteld hoeveel kilogram afval er in de machines achterblijft. In totaal bedraagt het gewicht van deze afvalstroom X kilogram, wat neerkomt op X kilogram per batch (serie van X batches). Ook hier was er geen mogelijkheid om meerdere keren de SCHOONMAAK bij te wonen, omdat de afstudeerperiode daarvoor te kort is. Dus op basis van deze ene meting is het getal niet heel nauwkeurig. Bijlage K geeft weer welke machines en machineonderdelen zijn meegenomen in deze meting.

8. AFVALSTROOM 8

Tijdens PROCESSTAP 3 worden verschillende IPC's uitgevoerd. IPC (In Proces Controle) is een afkorting voor een controle die tijdens het proces wordt uitgevoerd. De volgende monsters worden genomen:

- IPC 2
- IPC 3
- IPC 4
- IPC 5

Tabel 2 geeft het gewicht per controle weer evenals het totaalgewicht van de verschillende controles. In totaal wordt er per batch ongeveer X kilogram afval gecreëerd. Bijlage K geeft verdere details over de waarden in de tabel.

Tabel 2: Gewicht van monstername

Soort IPC	Aantal controles per batch	Kilogram per monster*	Totaalgewicht in kg
IPC 2	X	X kg	X
IPC 3	X	X kg	X
IPC 4	X	X kg	X
IPC 5	X	X kg	X
Totaal			X

*= Dit is een gemiddelde van de drie keer dat er een monster is genomen.

9. AFVALSTROOM 9

Bij PROCESSTAP 3 wordt een MACHINEONDERDEEL ZF gebruikt om het stof op te vangen in MACHINE FL. Er blijft afval in deze MACHINEONDERDEEL ZF achter. De operators kloppen deze MACHINEONDERDEEL ZF uit en noteren het afval onder de noemer "AFVALSTROOM 20". De rest van het afval in MACHINEONDERDEEL ZF wordt eruit gewassen in de wasmachine. Om na te gaan hoeveel dit bedraagt, is door de operators van een aantal batches bijgehouden hoeveel kilogram MACHINEONDERDEEL ZF weegt voordat deze de wasmachine in gaat. Bijlage J geeft de meetresultaten weer van MACHINEONDERDEEL ZF uit MACHINE FL. In totaal wordt er per batch ongeveer X kilogram afval opgevangen in MACHINEONDERDEEL ZF. Bijlage K geeft weer hoe de hoeveelheid afval van deze afvalstroom precies is bepaald.

10. AFVALSTROOM 10

Ook bij PROCESSTAP 3 ontstaat er afval dat in de stofzuiger verdwijnt. Het overgrote deel van dit afval wordt opgezogen bij een wissel van MACHINEONDERDEEL ZF. Bijlage J geeft de meetresultaten weer van deze afvalstroom. Hieruit kan worden opgemaakt dat er gemiddeld X kg per batch in de stofzuiger verdwijnt.

11. AFVALSTROOM 11

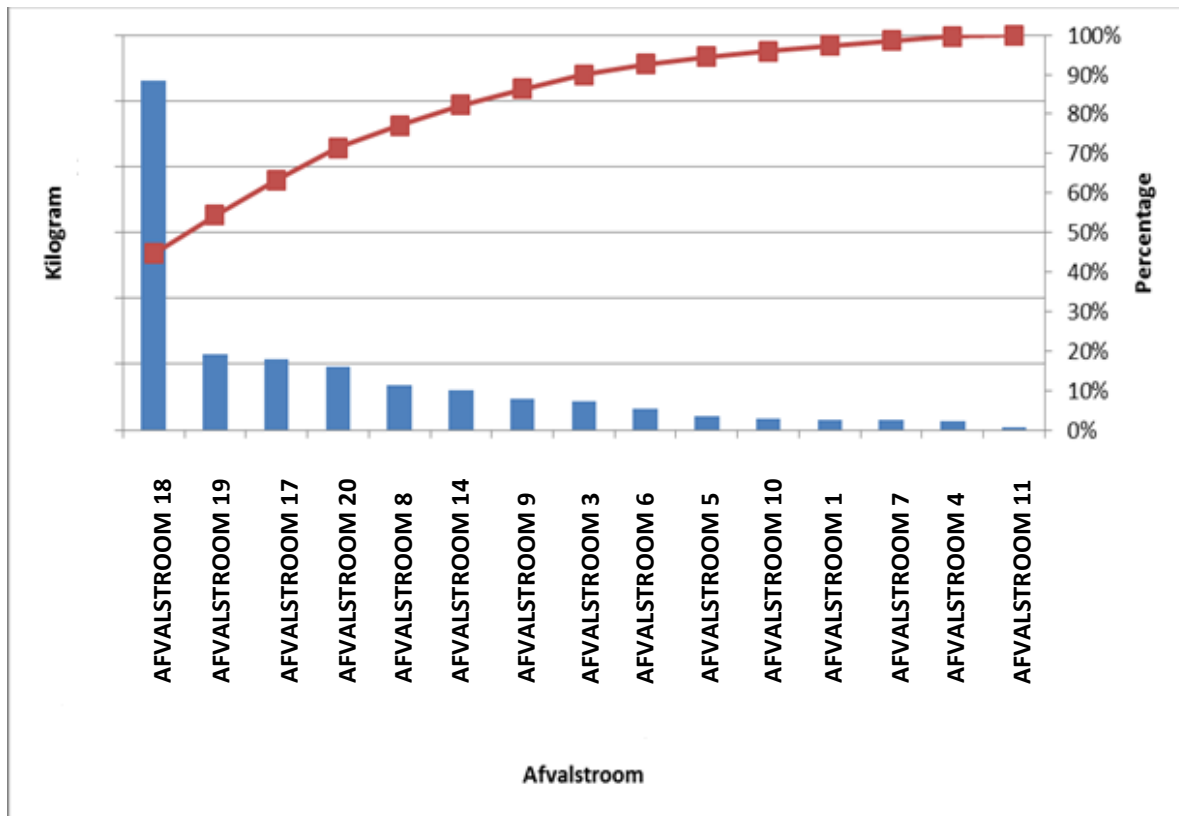
Een SCHOONMAAK bij PROCESSTAP 3 gaat volgens hetzelfde principe als bij PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 1. De machines worden gedemonteerd en grondig schoongemaakt. De rode pijlen in Figuur 7 tonen twee gedeeltes van de machine dat bij een SCHOONMAAK wordt schoongemaakt: MACHINEONDERDEEL BK EN MACHINEONDERDEEL TK. Er blijft coating aan de binnenkant van deze onderdelen plakken, wat voornamelijk met water en een krabber wordt verwijderd. Er blijft ongeveer X kilogram afval per batch achter in MACHINEONDERDEEL BK EN MACHINEONDERDEEL TK. Bijlage K geeft precies weer hoe de hoeveelheid afval van deze afvalstroom is bepaald. Ook hier is de bepaling van de hoeveelheid afval niet heel nauwkeurig te noemen, omdat er maar één SCHOONMAAK is bijgewoond.



Figuur 7: MACHINE FL

4.4 Analyse

Op basis van de meetresultaten uit paragraaf 4.4 en de gegevens van het afval die het bedrijf al paraat heeft is een Pareto diagram (Figuur 8) opgesteld die de afvalstromen van het proces toont. Op de x-as staat de soort afvalstroom. Op de linker verticale as is het aantal kilogram van de betreffende afvalstroom af te lezen en de rechter verticale as geeft het cumulatieve percentage weer. De staafdiagrammen geven het gemiddelde gewicht weer van de betreffende afvalstroom, terwijl de rode lijn het cumulatieve percentage weergeeft.



Figuur 8: Pareto diagram

Uit Figuur 8 blijkt dat de grootste afvalstroom AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 is. Wanneer de 80:20 regel (paragraaf 3.2) wordt toegepast op deze Pareto-grafiek, kunnen we concluderen dat de volgende afvalstromen voor 80 procent van het afval zorgt in het proces:

- AFVALSTROOM 18
- AFVALSTROOM 19
- AFVALSTROOM 17
- AFVALSTROOM 20
- AFVALSTROOM 8

Omdat binnen het tijdsbestek van dit onderzoek niet mogelijk is om van alle vijf afvalstromen de oorzaken tot in de details uit te zoeken, is besloten om alleen dieper op de mogelijke oorzaken van de grootste afvalstroom in te gaan. Daarnaast zijn er veel afvalstromen in het proces waarbij de hoeveelheid afval niet zozeer verminderd kan worden (denk aan AFVALSTROOM 1, 7 EN 11) en dus is het voor het doel van dit onderzoek niet van belang om de oorzaken daarvan te achterhalen.

Bijlage L geeft de oorzaken van de grootste afvalstroom weer in een visgraatdiagram. Ook geeft bijlage L een korte uitleg per oorzaak. Om de oorzaken van de grootste afvalstroom te achterhalen heeft de onderzoeker eerst zelf nagedacht over mogelijke oorzaken van deze afvalstroom. Vervolgens ondervroeg de onderzoeker verschillende mensen van de afdeling. De zes M's van het visgraatdiagram dienden hierbij als leidraad voor de gesprekken. Naast feedback op de zelf genoteerde oorzaken, resulteerde dit in nieuwe mogelijke oorzaken. Uit bijlage L blijkt uiteindelijk dat er vier oorzaken zijn aan te wijzen voor AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3:

1. **Elke operator beoordeelt PRODUCT Y anders (PROCESSTAP 2):** de waarneming van een operator wat betreft de droog- en natheid van PRODUCT Y blijkt van grote invloed te zijn op AFVALSTROOM 14 bij PROCESSTAP 2 en ook op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3.
2. **Vochtigheid van PRODUCT Y:** De vochtigheid van PRODUCT Y blijkt van invloed te zijn op AFVALSTROOM 14 in PROCESSTAP 2 en AFVALSTROOM 18 in PROCESSTAP 3.
3. **Er is geen gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2:** Er is geen sprake van een gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2 (in tegenstelling tot PROCESSTAP 3), want de operator kan deels zelf beslissen over de hoeveelheid TOEVOEGING 1 en TOEVOEGING 2 dat hij/zij gebruikt, wat weer invloed heeft op AFVALSTROOM 14, 15, 18 EN 19.
4. **De verhouding van de matrijs bij PROCESSTAP 2 in combinatie met de leverancier van GRONDSTOF 1:** Uit de productiedata van de afgelopen tijd kan een voorzichtige conclusie getrokken worden dat GRONDSTOF 1 van leverancier NAAM minder afval oplevert bij PROCESSTAP 3 wanneer een bepaalde verhouding van de matrijzen wordt toegepast.

De eerste drie oorzaken houden duidelijk verband met elkaar, want doordat er geen gestandaardiseerde methode voor PROCESSTAP 2 is, is de vochtigheid van PRODUCT Y elke batch anders en daarnaast weten de operators niet precies hoe een goed PRODUCT Y eruit ziet. De vierde oorzaak is geen oorzaak of gevolg van de eerste drie oorzaken.

4.5 Conclusie

Hoofdstuk 4 geeft antwoord op de deelvragen “Waar in het proces ontstaat er afval en hoeveel is dit?” en “Welke oorzaken kunnen er gegeven worden voor het ontstaan van de verschillende afvalstromen?”.

Voor het onderzoek was er nog een gat van ongeveer X kilogram afval per batch dat nog niet te verklaren was. Uiteindelijk blijkt dat dit gat is teruggebracht tot ongeveer X kilogram, met behulp van de verschillende metingen die zijn gedaan. Ook hebben de verschillende metingen uitgewezen dat tijdens de eerste processtap het verlies minimaal is. Er blijkt dat het afval voornamelijk wordt gecreëerd tijdens PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 3.

Het AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 is verreweg de grootste afvalstroom. Uit het visgraatdiagram blijkt dat er vier oorzaken voor AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 zijn aan te wijzen:

1. Elke operator beoordeelt PRODUCT Y anders
2. Vochtigheid van PRODUCT Y
3. Er is geen gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2
4. De verhouding van de matrijs bij PROCESSTAP 2 in combinatie met de leverancier van GRONDSTOF 1

We kunnen concluderen dat het kernprobleem van de eerste drie oorzaken het ontbreken van een gestandaardiseerde methode bij PROCESSTAP 2 is. Dit bespreken we verder in hoofdstuk 5. Daarnaast bespreken we ook een oplossing voor de vierde oorzaak.

5. Oplossingen

Dit hoofdstuk bespreekt de Improve fase van dit onderzoek en geeft antwoord op de deelvraag “Welke mogelijke oplossingen zijn er voor een vermindering van het afval?”. Bij de oplossingen in paragraaf 5.1, 5.2 en 5.3 is het niet mogelijk om een indicatie te geven van de besparingen per batch, want voor deze oplossingen moet de toekomst en verder onderzoek uitwijzen hoeveel het afval vermindert per batch. Dit in tegenstelling tot de oplossingen die we bespreken in paragraaf 5.4, 5.5 en 5.6, waarbij de besparingen per batch ongeveer kunnen worden berekend. In paragraaf 5.7 bespreken we deze besparingen. Tot slot volgt in paragraaf 5.8 de conclusie.

5.1 Standaardiseren van PROCESSTAP 2

Uit het vorige hoofdstuk komt naar voren dat het niet hebben van een gestandaardiseerde methode voor PROCESSTAP 2 een oorzaak is van de AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3. Een grote variabele in PROCESSTAP 2 is de beoordeling van PRODUCT Y door de operator gedurende het proces. Er is geen precieze richtlijn hoe een goed PRODUCT Y eruit ziet en hoe men de toevoer van TOEVOEGING 1 en TOEVOEGING 2 moet regelen om een optimaal PRODUCT Y te krijgen.

Daarom is het standaardiseren van PROCESSTAP 2 een mogelijke oplossing om AFVALSTROOM 14, 15, 18 EN 19 bij zowel PROCESSTAP 3 als PROCESSTAP 2 te verminderen. Men is hier al deels mee bezig met het project “XXX”: de voorbereidingen die het bedrijf treft om de komst van een nieuwe MACHINE EX mogelijk te maken. De werknemers van het bedrijf verzamelen data van het huidige PROCESSTAP 2 om straks de parameters van de nieuwe MACHINE EX zo in te stellen dat je een zo goed mogelijk PRODUCT Y krijgt. De nieuwe PROCESSTAP 2 is veel meer een geautomatiseerd proces. Dit houdt in dat de machine straks de flow van PROCESSTAP 2 zelf regelt, gebaseerd op de data die de werknemers nu verzamelen. Ook is het proces straks meer gesloten (gesloten machines), wat minder afval geeft op de vloer/op de machines. Dit zorgt ervoor dat er ook mogelijk minder afval in de stofzuiger verdwijnt wanneer operators deze gebruiken tijdens PROCESSTAP 2.

5.2 Onderzoek invloed van matrijsverhoudingen en leverancier GRONDSTOF 1 op AFVALSTROOM 18

De vierde oorzaak die uit het visgraatdiagram naar voren komt, is de verhoudingen van de matrijs in combinatie met de GRONDSTOF 1 leverancier. Dit is een mogelijke oorzaak voor AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3. Uit een onderzoek moet blijken of er daadwerkelijk een verband is tussen de verschillende matrijsverhoudingen en AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3. Er kan bijvoorbeeld een statistische analyse worden gedaan om dit verband te onderzoeken. Om deze statistische analyse uit te voeren, moet het bedrijf eerst meer data van de verschillende matrijsverhoudingen opbouwen.

5.3 Verhouding water/vaste stof onderzoeken in coatingsuspensie

Tijdens PROCESSTAP 3 worden er X verschillende coatingsuspensies opgebracht. Een coatingsuspensie bestaat uit verschillende grondstoffen, zowel vaste als vloeibare stoffen. Bij een hoeveelheid van X kilogram per deelcharge, wordt er theoretisch X kilogram coatingsuspensie A en X kilogram coatingsuspensie B opgebracht. Echter, de operators maken meer van deze suspensies aan, respectievelijk X en X kilogram. Er blijft dus aan het eind van een batch van beide coatingsuspensies een restje over. Een deel van dit overblijfsel is water en een deel is vaste stof. Theoretisch gaat het bedrijf ervan uit dat de verhouding water en vaste stof als volgt is:

- Coatingsuspensie A: X % water, X % vaste stof
- Coatingsuspensie B: X % water, X % vaste stof

Het bedrijf neemt aan dat er theoretisch X kilogram vaste stof overblijft per batch. Omdat dit een theoretische berekening is en nooit is gevalideerd door middel van testen, kan dit in de werkelijkheid anders zijn. Als bijvoorbeeld blijkt dat de verhouding in het overblijfsel gemiddeld X procent water en X procent vaste stof is, kunnen we concluderen dat er wellicht minder vaste stof wordt opgebracht dan het bedrijf nu rekent volgens de theoretische berekening. Een mogelijke oplossing om uiteindelijk de productieopbrengst te verhogen is het bepalen van de verhouding water en vaste stof in meerdere overblijfsels coatingsuspensie. Op basis daarvan kun het bedrijf de conclusie trekken of de verhouding van de theoretische berekening klopt en of de operators mogelijk meer coating moeten opbrengen om het afval aan vaste stof te verminderen.

5.4 Minder proces controles tijdens proces

IPC PROCESSTAP 2

Een andere oplossing om het afval in het proces te verminderen is het omlaag brengen van het aantal In Proces Controles (IPC) bij PROCESSTAP 2. Een IPC tijdens PROCESSTAP 2 is IPC 1. Op dit moment wordt er per batch X keer gecontroleerd, zoals Figuur 9 toont.



Figuur 9: IPC 1 huidige situatie

Deze X controles kan het bedrijf halveren door een andere volgorde van de matrijzen aan te houden, zoals

Figuur 10 weergeeft. Dit levert ongeveer een besparing op van X kilogram per batch, uitgaande van ongeveer X kilogram per IPC 1 (zie meetresultaten in Paragraaf 4.3). De besparing op het afval is niet groot te noemen, maar het uitvoeren van minder IPC 1 heeft wel een voordeel bij de uitvoering van het proces. Het proces stopt dan minder vaak, waardoor je een constanter proces hebt en tijdswinst boekt.

De FUNCTIENAAM 2 van de AFDELING VAN PRODUCT X staat open voor deze oplossing, maar de vraag is of men het economische risico wil nemen. Het economische risico is dat je mogelijk X deelcharges moet blokkeren en vernietigen als blijkt dat het proces niet goed verloopt. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren als het proces fout loopt na het gebruik van matrijs B in deelcharge 2. Je weet dan niet precies of het komt door deelcharge 1 of 2, omdat je geen controle meer hebt na matrijs B in deelcharge 1.



IPC PROCESSTAP 3

Tijdens PROCESSTAP 3 voeren operators IPC's uit om de kwaliteit van PRODUCT Y te checken. Eén daarvan is de IPC 2. Wanneer een operator iets ziet tijdens deze controle, kan hij/zij het proces bijsturen door VARIABELE SP te verlagen. Uit paragraaf 4.3 blijkt dat er X kilogram per batch wordt verloren door IPC'S 2 die worden uitgevoerd. Een mogelijke oplossing om dit afval te verminderen, is het halveren van het aantal IPC 2. Dit levert een besparing op van ongeveer X kilogram per batch. De FUNCTIENAAM 2 staat hier wel voor open, mede omdat er nu vaak uit de productiegegevens blijkt dat er niets wordt gevonden tijdens PROCESSTAP 3. Daarnaast is de vraag of men het economische risico wil nemen, want door minder controles heeft de operator minder vaak de kans om bij te sturen. Dit vergroot de kans op eventueel slechtere kwaliteit PRODUCT Y. Ook moeten de operators hiervoor open staan, want IPC 2 is voor een operator een mogelijkheid om het proces bij te sturen. Een operator geeft aan dat het wat hem betreft mogelijk is om het aantal IPC 2 te verminderen, maar men moet wel X à X controles houden per coatingsuspensie. X controles per coatingsuspensie betekent X controles per batch. Nu controleert men X keer per batch, dus X controles per coatingsuspensie betekent een halvering ten opzichte van de huidige situatie.

5.5 Verhoging van de maximale hoeveelheid (HOVEELHEID 1) bij PROCESSTAP 2

Een andere mogelijke oplossing heeft te maken met het verminderen van het afval bij PROCESSTAP 2 aan het eind van een batch. Dit afval scheiden de operators in AFVALSTROOM 14 EN 15. Tijdens PROCESSTAP 2 mogen de operators dit ook retour doen in het proces, om het verlies zo klein mogelijk te houden. Er blijkt dat er aan het eind van een batch, dus na vier deelcharges, altijd AFVALSTROOM 14 EN 15 overblijft. Een eerste voor de hand liggende oplossing om dit afval weg te werken is om het te gebruiken in de daaropvolgende batch. Navraag leert dat dit niet mogelijk is om drie redenen:

- Er moet van elke batch bekend zijn welke delen van een batch er in verwerkt zijn. Deze eis komt voort uit de GMP regelgeving. GMP staat voor Good Manufacturing Practises en houdt in dat de operator dient te werken volgens vooraf gestelde eisen, normen en processen. Wanneer een operator materiaal gebruikt in de volgende batch, is hij/zij dus constant aan het recyclen en is het moeilijk om dan de batches nog te traceren.
- De maximale overdracht tussen batches is nu gesteld op ongeveer X kilogram. Maximale overdracht is de hoeveelheid materiaal die je meeneemt naar een volgende batch. De machines worden tussen de batches al niet volledig schoongemaakt, waardoor het hebben van meer overdracht niet is toegestaan.
- De shelf life periode van een batch wordt ook verkort wanneer je een deel van een oudere batch verwerkt in een nieuwere batch.

Een tweede mogelijke oplossing om AFVALSTROOM 14 EN 15 aan het einde van een batch deels weg te werken is het opnieuw retour doen aan het eind van de batch, net zolang er bijna geen afval meer is. Geconcludeerd kan worden dat deze oplossing wel mogelijk is, maar aangenomen wordt dat dit een slechtere kwaliteit PRODUCT Y geeft. De machine reageert dan mogelijk anders op verschillende verhoudingen AFVALSTROOM 14 EN 15 die retour worden gedaan aan het eind van een batch. De operator moet dan een aantal keer AFVALSTROOM 14 EN 15 terugvoeren, voordat de machine goed

ingesteld is qua TOEVOEGING 1 en TOEVOEGING 2 toevoer. Dit geeft mogelijk een slechtere kwaliteit PRODUCT Y.

Om AFVALSTROOM 14 EN 15 bij PROCESSTAP 2 mogelijk te verminderen, is een derde oplossing het verhogen van de maximale hoeveelheid (HOEVEELHEID 1) die nu per batch PROCESSTAP 2 mag ondergaan. Dit kan een goede oplossing zijn, omdat er nu vaak per batch een hoeveelheid kilogram in machineonderdelen (MACHINEONDERDEEL W en MACHINEONDERDEEL G) wordt overgehouden die genoteerd wordt bij AFVALSTROOM 14 EN 15. Navraag aan verschillende operators leert dat dit vaak voorkomt. De schattingen van de hoeveelheden die de operators overhouden, lopen uiteen van X tot X kilogram per batch. Om de maximale hoeveelheid naar bijvoorbeeld HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3 te verhogen, moet het ook mogelijk zijn om deze hoeveelheid te kunnen verwerken in de volgende processtap. Aangenomen wordt dat in het verleden de maximale hoeveelheid per deelcharge (X kilogram) gekozen is vanwege de maximale capaciteit van MACHINE FL. Deze aanname is gedaan doordat verschillende mensen hetzelfde antwoord gaven op de vraag waarom ervoor gekozen is om maximaal X kilogram per deelcharge te verwerken in PROCESSTAP 2. Echter, het verleden toont aan dat er per ongeluk ook al twee keer meer dan X kg per deelcharge in MACHINE FL is gegaan: een hoeveelheid van X kg en X kg (zie meldingsformulieren 1 en 2). Dit gaf geen gevolgen voor de kwaliteit van PRODUCT Y. Ook had dit geen gevolgen voor de verwerking van PRODUCT Y verderop in het proces. Daarnaast verwacht men dat het volume in MACHINE FL niet veel toeneemt als er X kilogram extra wordt toegevoegd, want de toename in kilogram is nog geen één procent. Dit geeft voldoende reden om ervan uit te gaan dat de maximale capaciteit van MACHINE FL geen belemmering is om X kilogram per deelcharge te gaan verwerken in PROCESSTAP 2 in plaats van X kilogram.

Een ander belangrijk punt betreft de hoeveelheid coatingsuspensie die nodig is om meer kilogram te gaan verwerken in PROCESSTAP 2. Er moet voldoende coatingsuspensie aanwezig zijn om X kilogram PRODUCT Y te kunnen verwerken tijdens PROCESSTAP 3. Uit Bijlage M blijkt dat er maximaal X kilogram PRODUCT Y in MACHINE FL verwerkt kunnen worden met de hoeveelheid coatingsuspensie die nu wordt aangemaakt voor een deelcharge. Ervan uitgaande dat het bedrijf X kilogram per coatingsuspensie wil overhouden voor de zekerheid, kan er maximaal X kilogram PRODUCT Y verwerkt worden in MACHINE FL. Ook dit vormt dus geen belemmering om eventueel X kilogram per deelcharge te gaan verwerken in PROCESSTAP 2 in plaats van X kilogram.

De oplossing is daarnaast voorgelegd aan FUNCTIENAAM 3, FUNCTIENAAM 2 en FUNCTIENAAM 4 van de afdeling en daaruit blijkt dat zij ervoor open staan om deze oplossing door te voeren.

5.6 Meer coatingsuspensie opbrengen tijdens PROCESSTAP 3

Deze oplossing hangt aan de ene kant samen met de oplossing zoals besproken in Paragraaf 5.5, want wanneer er meer kilogram in PROCESSTAP 2 verwerkt wordt, is het ook nodig om meer coatingsuspensie te gebruiken.

Aan de andere kant kan het bedrijf ervoor kiezen om meer coatingsuspensie op te brengen op de huidige hoeveelheid PRODUCT Y die nu in PROCESSTAP 2 verwerkt worden (HOEVEELHEID 1). Dit zorgt theoretisch voor een verhoging van de opbrengst, want je voegt meer vaste stof toe dan in de huidige situatie. Dus vermindert dan AFVALSTROOM 17, want je gebruikt meer vaste stof uit het overblijfsel van je coatingsuspensie.

Het verleden toont aan dat het opbrengen van minder coatingsuspensie ten opzichte van de huidige situatie geen negatieve gevolgen had voor de kwaliteit van PRODUCT Y. Er is vroeger namelijk een aantal keer X% van de hoeveelheden coating die nu wordt gebruikt, opgebracht. Dit gaf geen afwijkende EIGENSCHAP OP van PRODUCT Y en geen problemen met de verwerking van PRODUCT Y verderop in het proces. Op basis van dit gegeven kan het bedrijf testen of het opbrengen van meer coatingsuspensie ook geen negatieve gevolgen geeft.

Er kan maximaal X procent van de voorgeschreven hoeveelheid coatingsuspensie worden opgebracht, want in het registratiedossier (NUMMER) staat dat de toegestane range voor hulpstoffen X-X% van de voorgeschreven hoeveelheid mag zijn.

5.7 Besparingen per oplossing

Tabel 3 geeft de besparing per batch en op jaarbasis weer van de oplossingen uit paragrafen 5.4, 5.5 en 5.6. Er volgt per oplossing een toelichting op de berekeningen. Deze aannames zijn gedaan bij de berekeningen:

- Kosten afval per kilogram: X euro (alleen materiaalkosten)
- Fractie goed product PROCESSTAP 2: X procent (X % waste)
- Fractie goed product PROCESSTAP 3: X procent (X % waste)
- Batches per jaar: X

Verhoging van de maximale hoeveelheid (HOEVEELHEID 1) bij PROCESSTAP 2:

Deze oplossing is verdeeld in een minimum en maximum besparing (HOEVEELHEID 2 en HOEVEELHEID 3). Een verhoging naar HOEVEELHEID 2 geeft bruto X kilogram minder afval bij PROCESSTAP 2. Omdat men tijdens PROCESSTAP 3 iets verliest van deze extra X kilogram goed product, is dit getal gecorrigeerd met de fractie goed product PROCESSTAP 3. Hetzelfde is gedaan voor de verhoging naar HOEVEELHEID 3. Het afval dat het bedrijf netto bespaart, is daarna vermenigvuldigd met de kosten van een kilogram afval om de besparing per batch uit te rekenen.

Minder proces controles tijdens proces:

Deze oplossing is verdeeld in minder IPC 1 en minder IPC 2 en elk weer onderverdeeld in een minimum en maximum besparing. Ook hier geldt dat de bruto vermindering van het afval per batch, gecorrigeerd is met de fracties goed product PROCESSTAP 2 en goed product PROCESSTAP 3, omdat men verderop in het proces iets verliest. Dit resulteert in de netto vermindering van het afval over het hele proces gezien, die we vermenigvuldigen met de kosten van een kilogram afval om de besparing per batch uit te rekenen.

Meer coatingsuspensie opbrengen:

Deze oplossing is verdeeld in een minimum en maximum besparing wanneer het bedrijf besluit om HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3 te gaan verwerken in PROCESSTAP 2. Daarnaast is berekend hoeveel er maximaal wordt bespaard wanneer men besluit om HOEVEELHEID 1 te blijven verwerken in PROCESSTAP 2 en meer coatingsuspensie op te brengen. Er is aangenomen dat het per coatingsuspensie wenselijk is om X kilogram suspensie over te houden als eventuele overmaat. Het is dan mogelijk om per batch maximaal X % meer coatingsuspensie op te brengen.

Bij elke besparing is er berekend hoeveel kilogram vaste stof erbij komt wanneer er meer coatingsuspensie wordt toegevoegd. Dit is gebaseerd op de verhouding water/vaste stof (X/X procent) die het bedrijf nu hanteert. Uiteindelijk zorgt de vaste stof voor een vermindering van

AFVALSTROOM 17 en een verhoging van de netto-opbrengst per batch. De vermindering van het afval per batch vermenigvuldigen we met de kosten van een kilogram afval om de besparing per batch te berekenen.

Tabel 3: Besparingen per oplossing

Minimum/maximum besparing	Soort oplossing	Vermindering afval per batch (netto, in kg)	Besparing per batch (euro)	Besparing op jaarbasis (euro)
	Verhoging van de maximale hoeveelheid (HOEVEELHEID 1) bij PROCESSTAP 2			
minimum	HOEVEELHEID 2	X	X	X
maximum	HOEVEELHEID 3	X	X	X
	Minder proces controles tijdens proces			
minimum	van X naar X IPC 1	X	X	X
maximum	van X naar X IPC 1	X	X	X
minimum	van X naar X keer IPC 2 per batch	X	X	X
maximum	van X naar X keer IPC 2 per batch	X	X	X
	Meer coatingsuspensie opbrengen			
minimum	Benodigde coatingsuspensie op basis van HOEVEELHEID 2 PRODUCT Y	X	X	X
maximum	Benodigde coatingsuspensie op basis van HOEVEELHEID 3 PRODUCT Y	X	X	X
maximum	Meer coatingsuspensie opbrengen* (bij HOEVEELHEID 1 PRODUCT Y in MACHINE FL)	X	X	X

**= Deze oplossing resulteert in het opbrengen van X% meer coatingsuspensie (A & B) ten opzichte van de huidige situatie. Nu brengen operators per deelcharge X kg A en X kg B op.*

5.8 Conclusie

Hoofdstuk 4 geeft antwoord op de deelvraag “Welke mogelijke oplossingen zijn er voor een vermindering van het afval?”.

In dit hoofdstuk zijn meerdere oplossingen besproken en uiteindelijk blijkt dat twee scenario's mogelijk zijn waarmee meerdere kilo's afval per batch wordt bespaard:

- Scenario 1 is de oplossing om alleen meer coatingsuspensie op te brengen op basis van de HOEVEELHEID 1 die nu in PROCESSTAP 2 verwerkt wordt. Dit levert een reductie op van ongeveer X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro.

- Scenario 2 is het verhogen van de maximale hoeveelheid bij PROCESSTAP 2 naar HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3 en op basis daarvan meer coatingsuspensie opbrengen. Bij een verhoging naar HOEVEELHEID 2 levert dit een reductie op van X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro (X+X euro). Bij een verhoging naar HOEVEELHEID 3 levert dit een reductie op van X kg afval per batch en een besparing op jaarbasis van X euro (X+X euro).

Van elke andere oplossing die is doorgerekend is de reductie van het afval per batch en de maximale besparing veel lager: een maximale reductie van X kilogram afval per batch en een besparing op jaarbasis van minder dan X euro.

Daarnaast is er in het vijfde hoofdstuk ingegaan op oplossingen waarvan verder onderzoek/de toekomst moet uitwijzen hoeveel kilogram per batch het uiteindelijk oplevert. Een mogelijke oplossing voor AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 is het standaardiseren van PROCESSTAP 2, wat mogelijk zorgt voor een verlaging van deze afvalstroom. Het bedrijf is hier al mee bezig, want het treft op dit moment al voorbereidingen om de komst van een nieuwe MACHINE EX mogelijk te maken. Ook kunnen we concluderen dat het bedrijf meer data zal moeten opbouwen om de invloed te onderzoeken van de verschillende matrijsverhoudingen op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3.

6. Conclusie en aanbevelingen

Dit hoofdstuk vormt het slotstuk van dit onderzoek en geeft de conclusie weer op de hoofdvraag:

“Hoe kan de hoeveelheid afval tijdens het proces worden gereduceerd om de opbrengst per batch te verhogen?”

Eerst behandelen we in paragraaf 6.1 de conclusie op de hoofdvraag. De aanbevelingen bespreken we in paragraaf 6.2 en paragraaf 6.3 geeft duidelijkheid over de beperkingen van het onderzoek.

6.1 Conclusie

De doelstelling van het onderzoek, zoals geformuleerd in hoofdstuk 1, is het in kaart brengen van het afval tijdens het productieproces en mede op basis van deze data enkele oplossingen geven om de productieopbrengst van een batch te verhogen. Uiteindelijk kan er met de bevindingen uit de vorige hoofdstukken, antwoord worden gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek:

“Hoe kan de hoeveelheid afval tijdens het proces worden gereduceerd om de opbrengst per batch te verhogen?”

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat het verlies bij de eerste processtap, verwaarloosbaar klein is. Ook het verlies bij de vierde en vijfde processtap is nihil, zoals voor het onderzoek al is geconcludeerd. Het afval wordt voornamelijk gecreëerd tijdens de processtappen PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 3. Ook blijkt dat de hoeveelheid kilogram die voor het onderzoek nog onverklaarbaar was, teruggebracht is tot X kilogram. Deze hoeveelheid was ongeveer X kilogram.

Daarnaast is gebleken dat de grootste afvalstroom in dit proces AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3 is. Er wordt verwacht dat een standaardisatie van PROCESSTAP 2, door middel van de komst van een nieuwe MACHINE EX, bijdraagt aan een vermindering van deze afvalstroom en een verhoging van de opbrengst.

Uit de verschillende oplossingen die gegeven zijn, blijkt dat het verminderen van het afval per batch en een verhoging van de opbrengst per batch het beste kan worden gerealiseerd met scenario 1 of scenario 2. Scenario 1 is het opbrengen van meer coatingsuspensie, waarbij de hoeveelheid die maximaal verwerkt mag worden in PROCESSTAP 2, hetzelfde blijft als in de huidige situatie. Dit levert uiteindelijk een reductie op van ongeveer X kilogram per batch en ruim X euro op jaarbasis. Scenario 2 is het verhogen van de maximale hoeveelheid bij PROCESSTAP 2 naar HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3 en op basis van deze hoeveelheden meer coatingsuspensie opbrengen. Dit levert een reductie op van ongeveer X kilogram of X kilogram (afhankelijk van HOEVEELHEID 2 of HOEVEELHEID 3) en ruim X of X euro op jaarbasis. Daarnaast is het invoeren van minder IPC 1 en IPC 2 een mogelijkheid om het afval per batch te reduceren, al blijkt dat de opbrengst dan met maximaal X kilogram toeneemt.

6.2 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat de opbrengst per batch het best kan worden verhoogd door scenario 1 of 2 toe te passen. Het advies is dat het bedrijf voor scenario 2 gaat. Hiermee is de grootste reductie van het afval en de grootste besparing op de kosten mogelijk (X of X euro).

Daarbij kan het bedrijf als aanvulling kiezen voor minder IPC 1 en minder IPC 2. Men dient dan de afweging te maken of deze verhoging van de opbrengst van maximaal X kilogram opweegt tegen het

economische risico. Het economische risico is dat het verminderen van deze controles ten koste kan gaan van de kwaliteit van PRODUCT Y en mogelijk het afkeuren van een deel van een batch.

Het advies is om verder onderzoek te doen naar onderstaande oplossingen en hun mogelijke invloed op een reductie van het afval:

- Standaardisatie van PROCESSTAP 2: het effect hiervan kan gemeten worden nadat de nieuwe MACHINE EX in gebruik is genomen.
- Invloed van de verschillende matrijsverhoudingen op AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3: er is meer data van de verschillende matrijsverhoudingen nodig om te kijken of er een verband is tussen de matrijsverhouding en AFVALSTROOM 18 bij PROCESSTAP 3.
- Het vaststellen van de verhouding water/vaste stof in verschillende coatingsuspensies: op basis daarvan een conclusie trekken of het bedrijf de juiste hoeveelheid vaste stof rekent als afval.

6.3 Beperkingen van het onderzoek

Wegens de korte tijdsperiode van het onderzoek komen de volgende beperkingen van het onderzoek naar voren:

- Het aantal batches dat gebruikt is om gemiddelden te bepalen: Er is data van X batches verzameld om de gemiddelden van de afvalstromen te bepalen. Dit aantal is nog relatief weinig ten opzichte van de batches op jaarbasis. Het geeft hierdoor een minder betrouwbaar beeld van de gemiddelden, dan wanneer data van meer batches is gebruikt om gemiddelden te bepalen.
- De data van de schoonmaken: Tijdens dit onderzoek is er één keer een SCHOONMAAK bij PROCESSTAP 1, PROCESSTAP 2 en PROCESSTAP 3 bijgewoond. Dit geeft een minder nauwkeurig beeld van het afval dat tijdens deze periodieke schoonmaken in de machines achterblijft, dan wanneer er meerdere keren is gemeten.
- De oorzaken van de afvalstromen: Door de korte tijdsperiode is ervoor gekozen om alleen de oorzaken van de grootste afvalstroom te achterhalen. Het gevolg daarvan is dat de oorzaken van de andere afvalstromen niet onderzocht zijn.

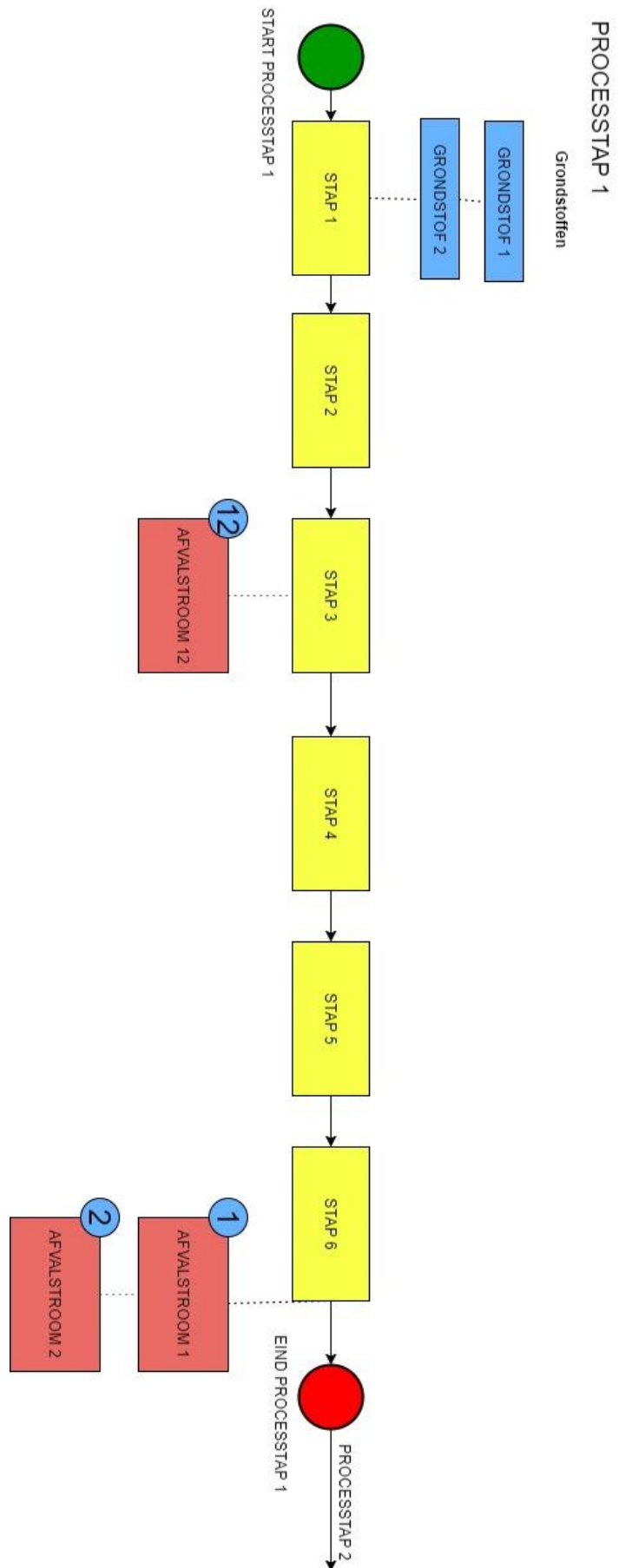
Referentielijst

- Google Images. (2017, Juni 13). Retrieved from <https://p2s.nl/blog/root-cause-analyse-niet-je-ding/>
- Heerkens, J., & Winden, A. v. (2012). *Geen Probleem*. Van Winden Communicatie Nieuwegein.
- Hicks, C., Heidrich, O., McGovern, T., & Donnelly, T. (2003). A functional model of supply chain and waste. *International Journal of Production Economics*, 165-174.
- John, A., Meran, R., Roenpage, O., & Staudter, C. (2008). *Six Sigma +Lean Toolset*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2016). *Lean Six Sigma voor dummies*. Indianapolis: John Wily & Sons.
- Pongrácz, E., & Pohjola, V. (2004). Re-defining waste, the concept of ownership. *Resources, Conservation and Recycling*, 141-153.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. The McGraw-Hill Companies.
- Six Sigma Institute. (2017, Mei 29). Retrieved from Six Sigma DMAIC Process: http://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Process_Mapping_Flow_Charting.php
- Thürer, M., Tomašević, I., & Stevenson, M. (2017). On the meaning of 'Waste': review and definition. *Production Planning & Control*, 244-255.

Bijlage A – Process map

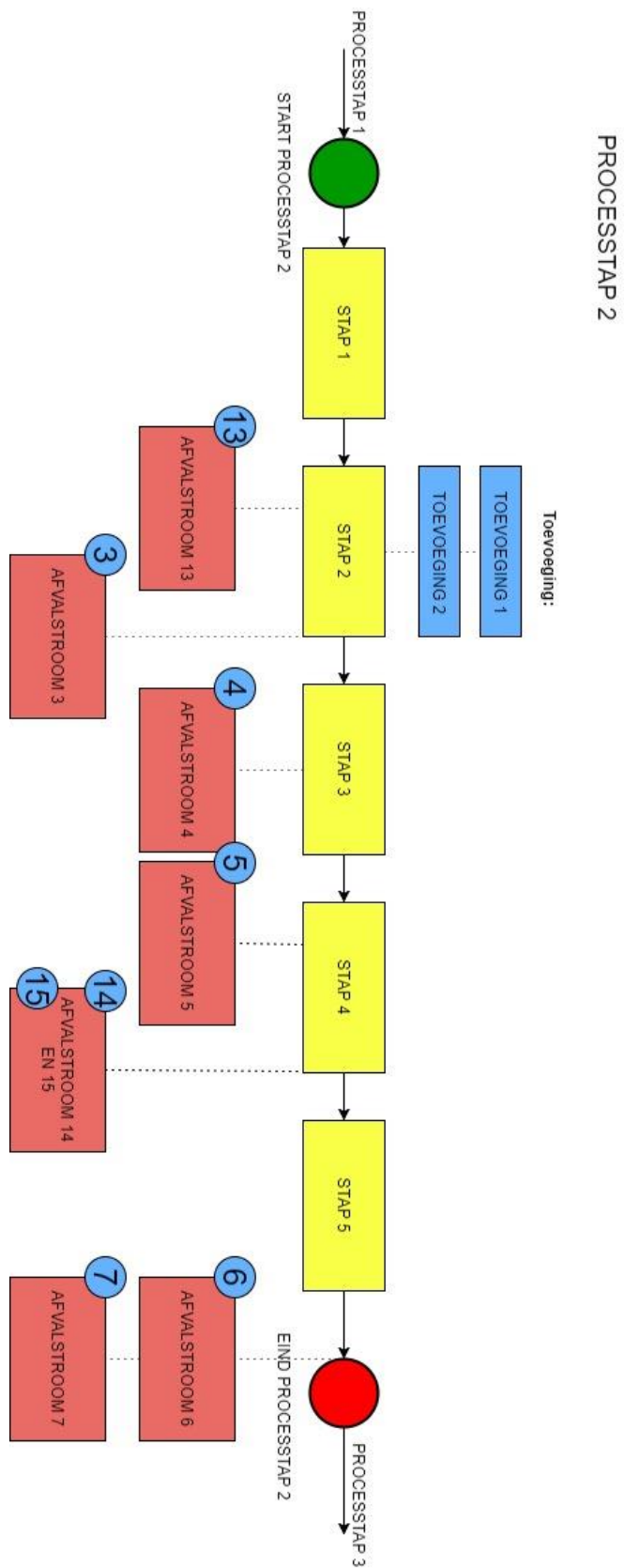
PROCESSTAP 1

Het beginpunt van deze processtap is het groene bolletje. Vervolgens kunnen de pijlen worden gevolgd om uiteindelijk bij het rode bolletje te eindigen (eindpunt deelproces). De rode vakjes geven het afval weer dat ontstaat bij die specifieke stap of taak in het proces, terwijl de blauwe vakjes de toevoegingen/grondstoffen weergeven.



Bijlage B – Process map PROCESSTAP 2

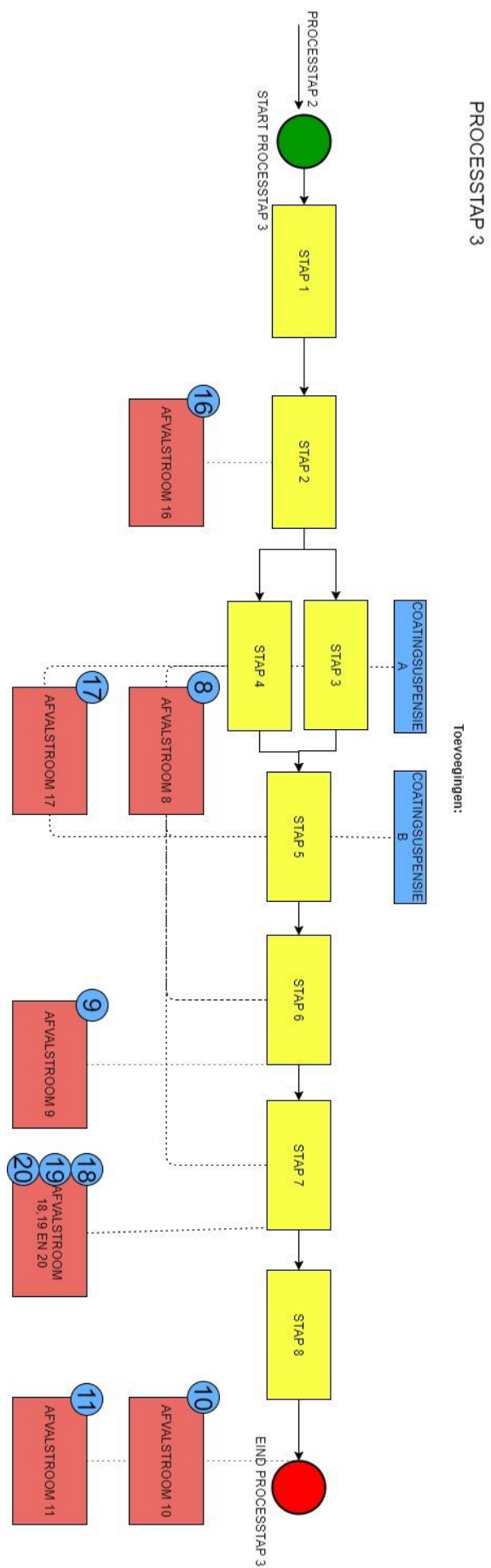
Het beginpunt van deze processtap is het groene bolletje. Vervolgens kunnen de pijlen worden gevolgd om uiteindelijk bij het rode bolletje te eindigen (eindpunt deelproces). De rode vakjes geven het afval weer dat ontstaat bij die specifieke stap of taak in het proces, terwijl de blauwe vakjes de toevoegingen/grondstoffen weergeven.



Bijlage C – Process map

PROCESSTAP 3

Het beginpunt van deze processtap is het groene bolletje. Vervolgens kunnen de pijlen worden gevolgd om uiteindelijk bij het rode bolletje te eindigen (eindpunt deelproces). De rode vakjes geven het afval weer dat ontstaat bij die specifieke stap of taak in het proces, terwijl de blauwe vakjes de toevoegingen/grondstoffen weergeven.



Bijlage D – Data Collection Plan

-tekst in de tabel is weggelaten-

Processtap	Nummer	Variable	Cont. / Discr.	Operational definition	Data collector	Collection method	Data source	Sample size	Possible error (MSA)	Comments
PROCESSTAP 1	1									
	2									
PROCESSTAP 2	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
PROCESSTAP 3	8									
	9									
	10									
	11									

Bijlage E – Formulier afval PROCESSTAP 2

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage F – Formulier afval PROCESSTAP 3

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage G – Totaaloverzicht afval

Maximale opbrengst		X kg
Afval PROCESSTAP 1		
AFVALSTROOM 1	X kg	
Afval PROCESSTAP 2		
AFVALSTROOM 14	X kg	
AFVALSTROOM 4	X kg	
AFVALSTROOM 5	X kg	
AFVALSTROOM 3	X kg	
AFVALSTROOM 6	X kg	
AFVALSTROOM 7	X kg	
Afval PROCESSTAP 3		
AFVALSTROOM 18	X kg	
AFVALSTROOM 19	X kg	
AFVALSTROOM 20	X kg	
AFVALSTROOM 8	X kg	
AFVALSTROOM 10	X kg	
AFVALSTROOM 9	X kg	
AFVALSTROOM 17	X kg	
AFVALSTROOM 11	X kg	
Totaal afval	X kg	
Goed product (in kg)		X kg
Goed product (in kg) op basis van productiedata jan-mei 2017		X kg
Verschil kg afval, niet nader te verklaren		X kg

Bijlage H – Verschil lege IBC ten opzichte van lege IBC vorige batch

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage I – Data van formulieren PROCESSTAP 2

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage J – Data van formulieren PROCESSTAP 3

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage K – Details afvalstromen

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage L – Visgraatdiagram

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-

Bijlage M – Maximale hoeveelheid PRODUCT Y op basis van hoeveelheden coatingsuspensies

-Deze bijlage is weggelaten vanwege vertrouwelijkheid-