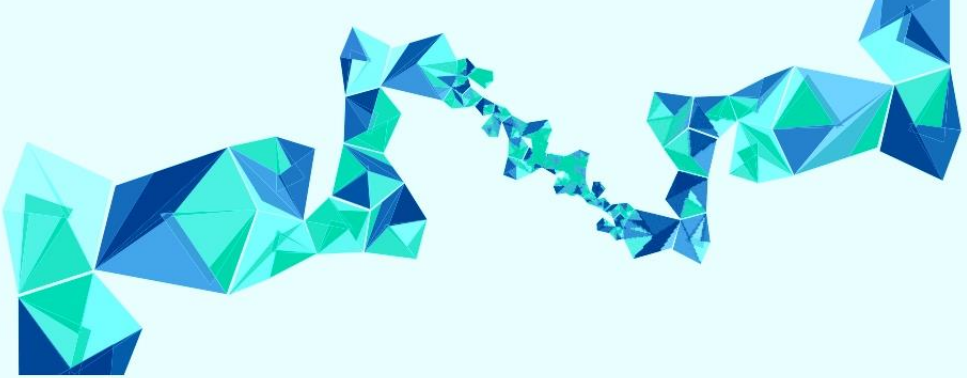




UNIVERSITY OF TWENTE.

Technische Bedrijfskunde



**Optimalisatie van de productieplanning van Apollo
Vredestein B.V.**

Onderzoek naar het verschil tussen realisatie en planning

J. Cornelissen
Bachelor Thesis
Februari 2019



apollo



VREDESTEIN

Titel: Planningsoptimalisatie van de productieplanning van Apollo Vredestein B.V.
Onderzoek naar het verschil tussen realisatie en planning

Datum: 27-02-2018

Plaats: Enschede

Auteur

Joep Cornelissen

BSc Industrial Engineering & Management

Apollo Vredestein B.V.

Ir. E.L.C. Schiffstraat 370

7547 RD, Enschede

The Netherlands

University of Twente

Drienerlolaan 5

7522 NB, Enschede

Nederland

Begeleider Apollo Vredestein B.V.

Edwin van der Avoird

Apollo Vredestein

University of Twente

Dr. Ir. J.M.J. Schutten, Dep. Industrial
Engineering and Business Information Systems
Faculty of Behavioural Management and Social
Sciences

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Planningsoptimalisatie van de productieplanning van Apollo Vredestein' geschreven ter afronding van de bachelor 'Technische Bedrijfskunde' aan de universiteit Twente. Het onderzoek in deze scriptie gaat over het optimaliseren van het productieplan voor het bouwen van greentires. Het onderzoek is uitgevoerd bij Apollo Vredestein en heeft plaatsgevonden in de periode van september 2018 tot en met januari 2019.

Ik heb met veel plezier aan mijn afstudeeropdracht gewerkt, de opdracht heeft mij altijd uitdaging geboden vanwege de complexiteit en veelzijdigheid. De afstudeeropdracht heeft mij de mogelijkheid gegeven om veel nieuwe kennis en vaardigheden op te doen op zowel inhoudelijk- als persoonlijk vlak.

Ik wil graag Apollo Vredestein bedanken voor de kans die ik heb gekregen om het bouwplan te optimaliseren. In het bijzonder wil ik Edwin van der Avoird bedanken als afstudeerbegeleider bij Apollo Vredestein. Ondanks zijn drukke agenda, was er altijd tijd om te overleggen en de diepgang van de opdracht op te zoeken gedurende de gesprekken. Dit heeft mij gedurende het onderzoek geholpen om stappen te blijven maken en tot resultaat te komen. Daarnaast wil ik graag de werknemers op de afdelingen Industrial Engineering en Productindustrialisatie en de operators bedanken voor de bijdrage die zij hebben geleverd om tot dit resultaat te komen.

Uiteraard wil ik ook mijn begeleiders van de Universiteit Twente, Marco Schutten en Martijn Koot bedanken voor de begeleiding gedurende het onderzoek.

Tot slot wil ik mijn ouders bedanken voor de steun gedurende de opdracht. Hun wijsheid en motiverende woorden hebben mij geholpen deze scriptie tot een goed einde te brengen.

Ik wens u veel plezier tijdens het lezen van mijn verslag.

Joep Cornelissen
Februari 2019

Samenvatting

In opdracht van Apollo Vredestein B.V. is er onderzoek gedaan naar het verschil tussen het bouwplan en de realisatie van de bouwafdeling. In de bouwafdeling worden de halffabricaten samengevoegd tot greentires en geleverd aan de vulkanisatieafdeling. Momenteel is het bouwplan voor de productie van greentires niet realistisch waardoor er geen duidelijk en haalbaar doel is voor productie.

Het verschil tussen het bouwplan en de realisatie kent twee oorzaken. Het verschil kan veroorzaakt worden doordat de machine ondermaats produceert of doordat de verwachting van de machine te hoog is. Aan het ondermaats produceren van een machine zal dit onderzoek geen aandacht besteden. De hoofdoorzaak van het probleem is dat er een gefundeerde berekening voor het rendement ontbreekt. De streefwaarde voor het rendement is momenteel te hoog ingesteld wat ervoor zorgt dat de verwachting van de machine ook te hoog is.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt: Op welke manier kunnen verliezen in de productie worden meegenomen in de berekening voor het rendement voor een verbetering van het bouwplan van de personenwagenbanden bij Apollo Vredestein B.V.?

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van de Algemene Bedrijfskundige Aanpak. De nadruk van het onderzoek ligt op de probleemidentificatie en de probleemanalyse. Het probleem is erg complex waardoor de huidige situatie goed beschreven moet worden waarna over kan worden gegaan naar de probleemanalyse.

Uit de analyse is gebleken dat er een verwachting van het verlies per dienst gemaakt kan worden op basis van de statistische gamma-verdeling. Door middel van een statistische verdeling kan de waarschijnlijkheid bepaald worden dat een willekeurige dienst een rendement heeft dat gelijk of hoger is aan een bepaalde waarde voor het rendement. Op deze manier is voor machine 98 bepaald dat de streefwaarde voor het rendement 72,06% moet zijn. Deze streefwaarde is zo bepaald dat 25% van de diensten het bouwplan haalt en volgens planning produceert. Dit blijkt geen problemen te geven in de rest van de fabriek en toch de planning nauwkeuriger te maken.

Om de verandering succesvol door te voeren binnen Apollo Vredestein is er een implementatieplan geschreven aan de hand van het procesveranderingsmodel van Pfeifer & Schmitt. Het plan beschrijft welke bedrijfsdefinities doorgevoerd moeten worden zodat de verandering in het rendement zichtbaar wordt. Verder wordt er benadrukt dat er draagvlak wordt gecreëerd voor de verandering door werknemers de relevantie van een haalbaar doel in te laten zien. In de laatste stappen van de implementatie wordt de communicatie met alle stakeholders beschreven en hoe de verandering visueel gemaakt kan worden voor alle stakeholders in het Productinformatie- en Besturingssysteem.

Als de implementatie voltooid is betekent dit dat de discrepantie tussen het bouwplan en realiteit fors gereduceerd is. Met de verbeterde streefwaarde voor het rendement is het bouwplan haalbaar.

Inhoud

Voorwoord	i
Samenvatting.....	ii
1. Introductie	1
1.1. Apollo Vredestein B.V.....	1
1.2. Aanleiding.....	2
1.3. Probleemidentificatie	3
1.4. Onderzoeksmethodiek	7
1.5. Hoofd en deelvragen en plan van aanpak.....	7
2. Huidige situatie.....	10
2.1. Productieproces van een autoband	10
2.2. Planningswerkzaamheden.....	12
2.3. Planningsproces.....	15
2.4. Huidige definities.....	17
3. Literatuurhoofdstuk ‘OEE’ en de ‘Six Big Losses’	19
3.1. Literatuur	19
3.2. Toepassing op Apollo Vredestein	22
4. Data analyse	24
4.1. Indicatoren discrepantie	24
4.2. Beschikbare data	26
4.3. Data formatteren	26
4.4. Conclusie	27
5. Oplossing	29
5.1. Uitleg oplossing	29
5.2. Filteren van data.....	29
5.3. Statistische verdeling kiezen	30
5.4. Opties voor rendement	35
5.5. Rendementsfactor testen in model.....	36
5.6. Rendement kiezen.....	38
6. Implementatie	39
6.1. Procesveranderingsmodel Pfeifer & Schmitt	39
6.2. Beslissing	40

6.3.	Voorbereiding.....	43
6.4.	Ontwerp.....	45
6.5.	Implementeren.....	48
7.	Conclusies, discussie en aanbevelingen	49
7.1.	Conclusies	49
7.2.	Discussie	50
7.3.	Aanbevelingen.....	50
8.	Bibliografie.....	52
9.	Bijlagen	54
9.1.	Bijlage: TPM Codes	54
9.2.	Bijlage: Stagnatie Codes	54
9.3.	Bijlage: Statistieken Machine 98	55
9.4.	Bijlage: Goodness of Fit Test	55
9.5.	Bijlage: Alternatieven Rendement	56

Lijst van figuren

Figuur 1: Stappen productieproces	1
Figuur 2: Probleemkluwen kernprobleem	3
Figuur 3: Stakeholder analysis.....	6
Figuur 4: Halffabricaten Autoband (Apollo Vredestein B.V., 2015)	11
Figuur 5: Bouwplan machine 88.....	13
Figuur 6: Structuur van productieplanning	14
Figuur 7: Productstroom en opdrachtsignaal.....	15
Figuur 8: Tabel van huidige definities	18
Figuur 9: OEE machine status (De Ron & Rooda, 2005)	20
Figuur 10: Verlies Machine 98.....	28
Figuur 11: Rendement machine 98	28
Figuur 12: Histogram machine 98	32
Figuur 13: Probability Plot Machine 98	32
Figuur 14: Empirische cumulatieve verdelingsfunctie Machine 98	33
Figuur 15: Kansdichtheid per machinegroep	34
Figuur 16: Procesveranderingsmodel Pfeifer & Schmitt (vertaald)	39
Figuur 17: Tabel van gewenste definities.....	41
Figuur 18: Visualisatie van definities	42
Figuur 19: Bouwplan.....	46
Figuur 20: Planning Quadruplex.....	46

Lijst van tabellen

Tabel 1: Business Teams.....	2
Tabel 2: Productieverantwoording bouw.....	2
Tabel 3: SIPOC Diagram	16
Tabel 4: Categorisatie TPM	23
Tabel 5: Indicatoren discrepantie.....	25
Tabel 6: Voorbeeld data	27
Tabel 7: Uitgesloten diensten op basis van criteria van machine 98.....	30
Tabel 8: Goodness of Fit Test Machine 98	31
Tabel 9: Alternatieven van de streefwaarde voor het rendement machine 98, periode 1-1-2018 t/m 1-1-2019.....	35

Lijst met definities en afkortingen

Definities

Definitie	Omschrijving
Business team	Afdeling verantwoordelijk voor een deel van het productieproces.
Greentire	Ongevulkaniseerde autoband
Halffabricaat	Tussenproduct dat gemaakt is uit een of meer grondstoffen en dat nog verder moet worden bewerkt tot een eindproduct.
IT	Verantwoordelijk voor PIBS, SAP en de service en helpdesk.
Industrial Engineering	Afdeling verantwoordelijk voor de verhoging van efficiency met betrekking tot de capaciteit, arbeidskrachten en cyclustijd. Verder ook verantwoordelijk voor productieplanning en scheduling.
Key Performance Indicator	Een variabele om de prestatie van iets te meten
Overall Equipment Effectiveness	Een theorie om inzicht te krijgen in de prestatie van een productieproces door de KPI's beschikbaarheid, effectiviteit en kwaliteit.
Product industrialisatie	Afdeling die de werkwijze op stelt hoe een band gemaakt moet worden.
Specificatie	Werkblad met voorschriften waaruit de band bestaat en hoe deze geproduceerd dient te worden
Vulkanisatiepers	Een pers met een matrijs waarin de greentire gevulkaniseerd wordt tot band.
Vulkaniseren	Proces waarbij door hitte de polymeren in rubbers met elkaar verknoopt worden van tot een netwerk.

Afkortingen

Afkorting	Omschrijving
BT	Business team
IE	Industrial Engineering
KPI	Key Performance Indicator
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OEM	Original Equipment Manufacturer
PIBS	Productinformatie- en besturingssysteem
PIPO	Periodieke inspectie preventief onderhoud
GGB	Geen gebouwde banden
PWB	Personenwagenband
LBB	Landbouwband
IT	Information technology

1. Introductie

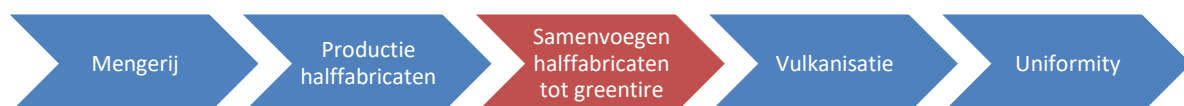
Dit hoofdstuk geeft in paragraaf 1.1 een introductie van het bedrijf waar het onderzoek is uitgevoerd en een korte toelichting van het productieproces. Paragraaf 1.2 beschrijft de aanleiding van het onderzoek. Paragraaf 1.3 identificeert het probleem aan de hand van een probleemkluwen, waarbij de paragraaf wordt afgesloten met een afbakening van het probleem en een analyse van de stakeholders. In Paragraaf 1.4 worden de hoofdvragen en deelvragen opgesteld. Tot slot geeft paragraaf 1.5 een plan van aanpak met betrekking tot de deelvragen en welk hoofdstuk de deelvraag beantwoordt.

1.1. Apollo Vredestein B.V.

Apollo Vredestein B.V. is een Nederlandse producent van banden en maakt onderdeel uit van Apollo Tyres Ltd. Apollo Tyres Ltd is een multinational met verschillende kantoren en productielocaties in India, Nederland en Hongarije waar banden voor auto's, landbouwvoertuigen en fietsen worden geproduceerd. Het hoofdkantoor van Apollo Vredestein B.V. is gevestigd in Amsterdam terwijl het Global R&D Center en de productiefaciliteit in Enschede zijn gevestigd.

De fabriek in Enschede produceert personenwagenbanden, landbouwbanden en reservebanden waarvan ongeveer zes miljoen personenwagenbanden per jaar onder de merken Apollo en Vredestein. Het grootste deel van de productie wordt verkocht als vervanging van de originele band van een auto. Echter wordt er door recente ontwikkelingen steeds meer direct aan automobielfabrikanten geleverd.

Apollo Vredestein B.V. produceert alle producten van ruwe grondstoffen. Dit houdt in dat alle stappen van grondstof naar band door Apollo Vredestein B.V. zelf worden gedaan. Het productieproces bestaat grofweg uit 5 stappen (Figuur 1). Stap 1 is het mengen en extruderen van de verschillende soorten rubbers en andere grondstoffen. In de voorfabriek worden in stap 2 de verschillende halffabricaten geproduceerd waaruit een personenwagenband bestaat. In stap 3 worden de halffabricaten samengevoegd en wordt de band 'gebouwd'. Het product van stap 3 heet een greentire. Een greentire is een ongevulkaniseerde band. In stap 4 wordt de greentire in een vulkanisatiepers ge vulkaniseerd bij een hoge temperatuur. Tijdens dit proces verandert de structuur van het rubber van plastisch naar elastisch. In stap 5 wordt de band geïnspecteerd door de Uniformity afdeling op afwijkingen.



Figuur 1: Stappen productieproces

Elke stap van de productie uit Figuur 1 is toegewezen aan één van de zes Business Teams (Tabel 1). De Business Teams hebben allen een eigen taak in het proces. Naast personenwagenbanden worden er ook landbouwbanden geproduceerd en ge vulkaniseerd in de fabriek. Verder wordt er ook een

ruimtebesparend noodwiel geproduceerd genaamd Space Master. De Space Master is een uniek concept van Vredestein. De Space Master is een velg met een Vredestein Vouwband die indien nodig opgeblazen wordt. Tenslotte wordt in een aparte afdeling een rubberen voorspoiler voor een sportauto gemaakt genaamd Air Master.

Business Team	Specialisatie
BT1	Mengerij en Extrusie
BT2	Voorfabriek: productie van halffabricaten voor bouwafdeling
BT3	Bouw & vulkanisatie van landbouwbanden en Space Master
BT4	Personenwagenbanden Bouw
BT5	Personenwagenbanden Vulkanisatie & Uniformity
BT6	Space Master assemblage en Air Master Spoilers

Tabel 1: Business Teams

Naast zes Business Teams zijn er nog de volgende afdelingen ter ondersteuning van de productie: Industrial Engineering, Product Industrialisatie, Plant Engineering, Quality Assurance en IT.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in Business Team 4 en zal ondersteund worden door de afdeling Industrial Engineering. Het probleem van paragraaf 1.3 doet zich voor in de personenwagenbouw en heeft betrekking op de planning van de bouworders waaruit het bouwplan bestaat.

1.2.Aanleiding

De fabriek van Apollo Vredestein in Enschede heeft als doel om zo veel mogelijk banden te produceren ongeacht of deze banden verkocht kunnen worden. Dit perspectief zorgt er echter voor dat er een zeer optimistisch bouwplan wordt gemaakt dat vaak niet realistisch is. Dit onrealistische bouwplan zorgt voor 2 problemen die momenteel aan het licht komen. Het onrealistische bouwplan zorgt voor instabiliteit in het proces van de organisatie. Machines worden constant overvraagd, dat zorgt voor onzekerheid over hoeveel de daadwerkelijke output van de machine zal zijn. Daarnaast zorgt het optimistische bouwplan er ook voor dat operators die de machine bedienen geen haalbaar doel voor ogen hebben. Doordat het productiedoel in principe een utopie is zal een operator minder gemotiveerd zijn om dit doel te halen.

Datum: 12-9-2018	MAXX	HAPBM	APBM	TOTAAL
Geproduceerd (banden)	x	x	x	x
Stagnatie (banden)	X	x	x	x
Totaal (banden)	x	x	x	x
Plan (banden)	x	x	x	x
Verliezen (min)	x	x	x	x
Capaciteit (min)	x	x	x	x

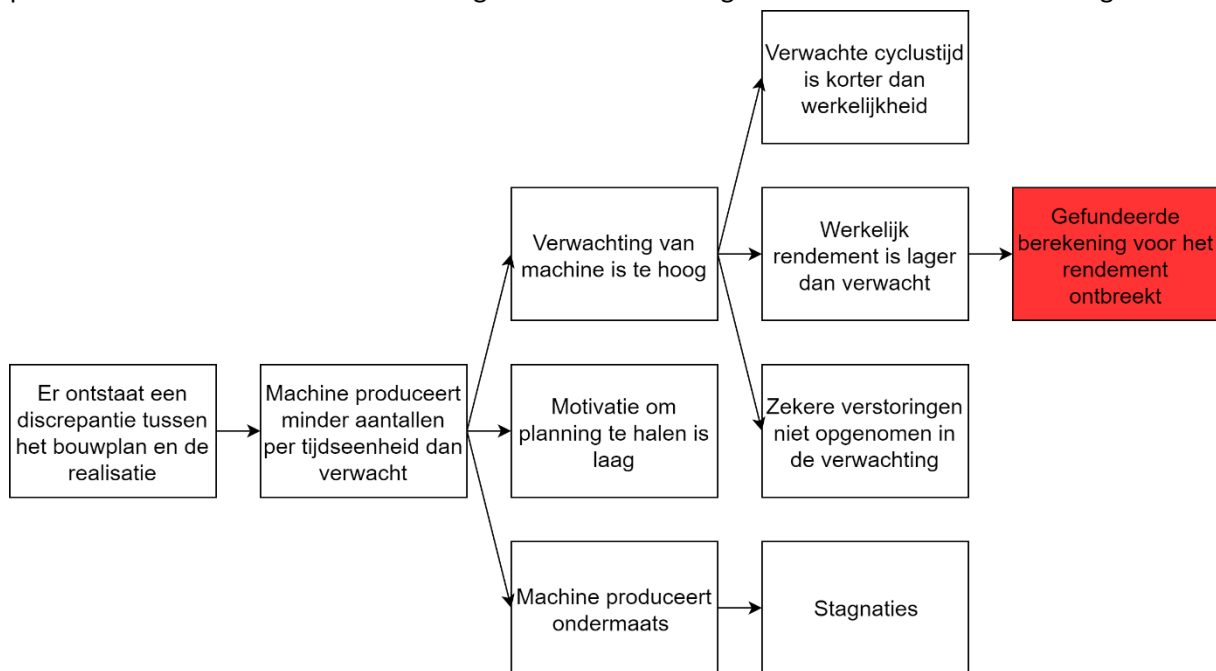
Tabel 2: Productieverantwoording bouw

In Tabel 2 is te zien dat er een groot verschil tussen het 'plan' en 'geproduceerd' is. Bij het maken van het bouwplan wordt de nominale capaciteit gebruikt. De nominale capaciteit is de hoogste capaciteit die bereikt kan worden, zonder rekening te houden met factoren zoals beschikbaar personeel,

vakantieperioden, werktijden en onderhoud (De Commissie van de Europese Gemeenschappen, 2000). Deze nominale capaciteit wordt echter in de praktijk nooit gehaald doordat er stagnaties optreden. Stagnaties zijn stilstanden van de machine zoals een storing in de machine. De post stagnatie in Tabel 2 laat zien hoeveel productie aan banden verloren is gegaan gedurende de dag. De tabel laat cijfers zien van de verschillende machine groepen genaamd Automaten (APBM), Halfautomaten (HAPBM), de nieuwe halfautomaten genaamd de Maxxen (MAXX) en de totale productie.

1.3. Probleemidentificatie

De aanleiding van het onderzoek is de discrepantie tussen productieplanning en realisatie. Vanuit dit probleem kan Figuur 2 gemaakt worden met de daadwerkelijke relaties tussen oorzaak en gevolg van de verschillende problemen die zijn gevonden. Het probleem is geanalyseerd op basis van één productiecel waar banden worden gebouwd dat in Figuur 2 een machine wordt genoemd.



Figuur 2: Probleemkluwen kernprobleem

De discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie heeft verschillende oorzaken en gevolgen zoals blijkt uit de probleemkluwen. De oorzaak van de discrepantie is dat de machine minder aantallen per tijdseenheid produceert dan verwacht in een bepaalde tijd. Dit heeft twee oorzaken; namelijk een verwachting die te hoog is en een machine die ondermaats produceert.

Machine produceert ondermaats: Een productierealisatie van een machine die te laag is komt door stagnaties die optreden gedurende productie. Een stagnatie van een machine kan heel veel verschillende oorzaken hebben. Echter gaat het onderzoek hier niet verder op in omdat dit buiten het doel van het onderzoek valt en hier geen invloed op uitgeoefend kan worden. Volgens Heerkens & Winden (2012) kan iets wat je niet kan beïnvloeden geen kernprobleem zijn. Dit betekent dat de

stagnaties niet verder uitgesplitst worden in de probleemkluwen aangezien dit geen kernprobleem kan zijn.

Verwachting van machine is te hoog: Een te hoge productieverwachting komt voort uit drie problemen namelijk een te korte verwachte cyclustijd, een te laag rendement van de machine en het niet meenemen van ombouwen en afstellen in de verwachting van de machine. Een gevolg van een te hoge verwachting is dat er bij werknemers weinig motivatie is om zich aan het bouwplan te houden omdat dit toch niet realistisch is. Dit zorgt op zijn beurt er weer voor dat de machine minder produceert omdat er weinig motivatie is.

Te korte verwachte cyclustijd: De afdeling Industrial Engineering berekent de verwachte cyclustijd en men is er van op de hoogte dat deze waarden niet altijd accuraat zijn. Daarom wordt hier momenteel onderzoek naar gedaan. De cyclustijd wordt op korte termijn opnieuw berekend om de waarde betrouwbaar en nauwkeurig te maken.

Rendement is lager dan verwacht: Het rendement van een machine bepaalt hoe efficiënt de machine naar verwachting zou moeten werken. Door het verwachte rendement aan te passen kan de verwachte productie van een machine veranderen. Het huidige rendement van iedere machine is momenteel 90%. Dit betekent dat er rekening wordt gehouden met 10% stagnatieverlies. Momenteel is het rendement van 90% te hoog wat betekent dat er te veel productie verwacht wordt.

Gefundeerde berekening voor het rendement ontbreekt: het rendement is een machine parameter die aangepast kan worden wanneer dit nodig wordt geacht. Het rendement vertegenwoordigt de verliezen die optreden tijdens productie. Volgens de OEE kunnen er verliezen optreden met betrekking tot de beschikbaarheid, prestatie en kwaliteit. Momenteel wordt rekening gehouden met 10% verlies op beschikbaarheid, prestatie en kwaliteit samen. Echter is het verlies op beschikbaarheid en prestatie veel meer dan 10%. Dit komt door geplande en ongeplande stops waardoor de machine niet beschikbaar is. Ongeplande stops kunnen verdeeld worden in verwachte en onverwachte stops. De verwachte stops zijn stops voor het omstellen van een machine of het vervangen van materiaal. Verwachte stops zijn stops die tijdens iedere order terugkomen. De onverwachte stops zijn storingen van de machine of problemen met materiaal waar men niet op kan anticiperen. Op onverwachte stops moet gereageerd worden om deze stilstand te verhelpen. Het probleem is niet dat deze stops voorkomen. Echter wel dat er maar met 10% stilstand rekening wordt gehouden terwijl de stilstand altijd hoger dan 10% is.

Zekere verstoringen niet opgenomen in de verwachting: gedurende iedere order zijn er periodes waarvan men van te voren al weet dat er niet geproduceerd kan worden. Een voorbeeld hiervan is ombouwen en afstellen. Wanneer er een nieuwe order begint, moeten er aanpassingen aan de machine gedaan worden om het mogelijk te maken om een andere soort band te produceren. Dit proces heet ombouwen en afstellen. De aanpassingen aan de machine zijn per ombouw verschillend en zal variëren in tijd die het kost. Momenteel wordt de tijd die ombouwen kost niet meegenomen in het bouwplan.

Een gevolg van de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie is dat het voor GGB's, geen productie door 'Geen Gebouwde Banden', in de vulkanisatieafdeling kan zorgen. Wanneer er geen greentires zijn om in de vulkanisatiepers te stoppen zal dit direct gemerkt worden in de productieoutput van de fabriek. De bouwafdeling moet dit dus te allen tijde voorkomen.

Verder zorgt de discrepantie voor onrealistische achterstanden in de voorfabriek omdat er een onrealistische starttijd van een order, moment waarop halffabricaten nodig zijn, wordt getoond. In de voorfabriek worden de halffabricaten geproduceerd voor de productie van een autoband. De planning van de voorfabriek wordt gebaseerd op de starttijden van orders in de bouwafdeling. Wanneer de starttijd van een order niet goed is dan zal de planning van de voorfabriek ook fout zijn.

Het kernprobleem luidt als volgt: "Een gefundeerde berekening voor het rendement ontbreekt". Dit is het probleem dat zelf geen oorzaak meer heeft en dat veel invloed heeft op de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie. De werkelijkheid bij dit probleem is dat er geen gefundeerde berekening van het rendement is en dat de schatting van het rendement niet klopt. De norm is dat er wel een gefundeerde berekening is van het rendement op basis waarvan een betrouwbaar bouwplan gemaakt kan worden.

Afbakening

Niet alle oorzaken kunnen onderzocht of verbeterd worden tijdens het onderzoek. Aan de oorzaak dat machines te weinig produceren zal het onderzoek verder geen aandacht besteden. Deze beslissing is samen met de opdrachtgever gemaakt.

Uiteindelijk blijft de onrealistische verwachting over waar het onderzoek zich op zal gaan richten. De onrealistische verwachting komt door 3 factoren. Eén factor is dat de verwachte cyclustijd korter is dan de werkelijke cyclustijd. De stappen waaruit de verwachte cyclustijd is opgebouwd zijn vaak langer dan verwacht.

De andere factoren zijn een lager rendement dan verwacht en het ontbreken van zekere verstoringen in het bouwplan. De streefwaarde voor het rendement komt tot stand uit een bepaald verwacht verlies gedurende productie. De verwachte beschikbaarheid kan bepaald worden omdat dit verliezen zijn waarbij de machine daadwerkelijk stil staat. Het prestatieverlies zal daarnaast ook bepaald moeten worden. Verder weet men dat het meenemen van zekere verstoringen in het bouwplan de nauwkeurigheid van het bouwplan zal bevorderen. De kwaliteitsgraad wordt niet meegenomen in het onderzoek omdat afkeur van greentires maar een kleine afwijking veroorzaakt die te verwaarlozen is. De termen beschikbaarheid, prestatie en kwaliteitsgraad worden in hoofdstuk 3 toegelicht.

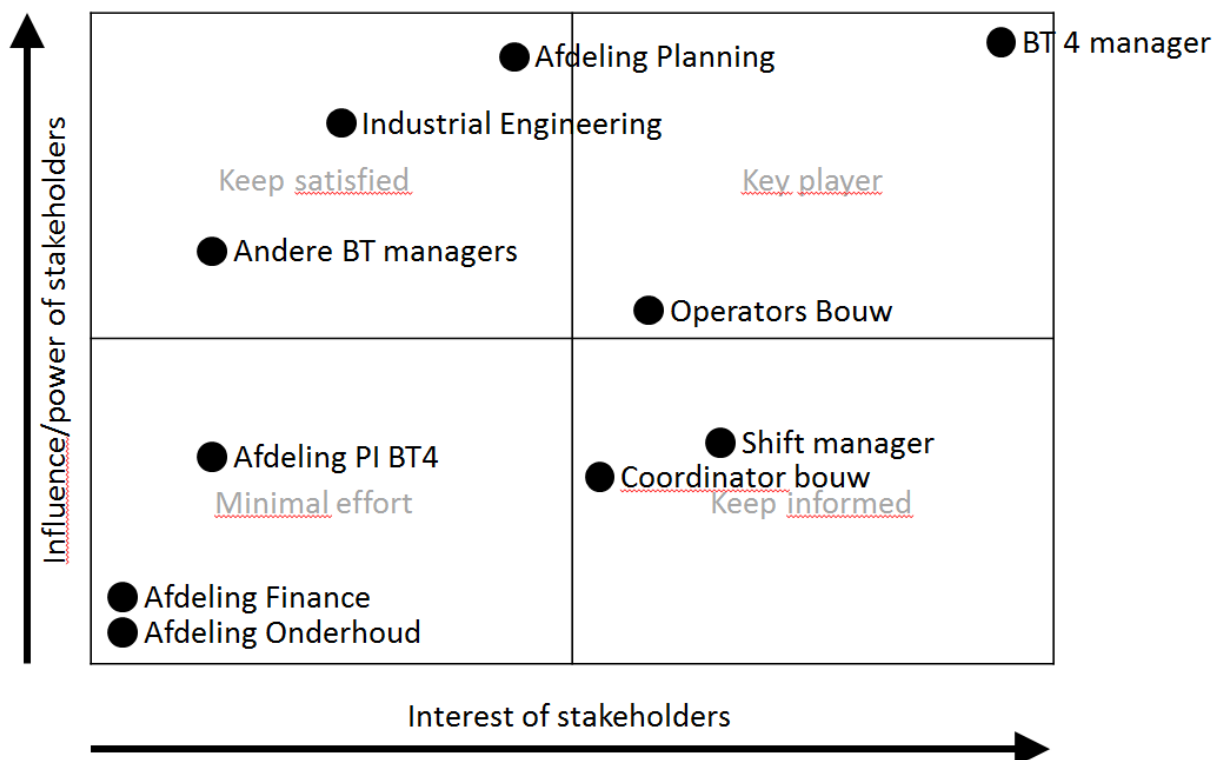
Het onderzoek zal zich richten op het verbeteren van het planningsproces van Apollo Vredestein. Er zal geen productieproces aangepast of verbeterd worden. Uiteindelijk wordt de productieoutput niet verbeterd maar is er een betere verwachting van wat er geproduceerd wordt. Dit wordt gedaan door de streefwaarde voor het rendement te berekenen voor machine 98 en deze methodiek later toe te passen op de overige machines.

Stakeholder analyse

Door middel van een stakeholder analyse wordt inzichtelijk welke houding stakeholders hebben ten behoeve van de opdracht en hoe stakeholders betrokken moeten worden. Om de stakeholders met elkaar te kunnen vergelijken is de matrix van Mendelow (Mendelow, 1991) voor stakeholder mapping gebruikt.

De belangrijkste stakeholders is de Business Team Manager van Business Team 4. De Business Team Manager is de opdrachtgever van het onderzoek en ziet graag verandering in de huidige situatie. De opdrachtgever is tevens ook de stagebegeleider bij Apollo Vredestein. Verder zijn operators belangrijk om mee te nemen in het proces. Zij zullen uiteindelijk met de uitkomst van het onderzoek te maken zullen krijgen. Om een verandering te realiseren zijn de afdelingen Industrial Engineering en Planning zeer belangrijk. In Figuur 3 zijn alle stakeholders in kaart gebracht door middel van de matrix van Mendelow.

Stakeholder Analyse



Figuur 3: Stakeholder analysis

1.4.Onderzoeksmethodiek

Om bedrijfskundige problemen op te lossen zijn er verschillen methodieken beschikbaar. Binnen de opleiding Technische Bedrijfskunde is de Algemene Bedrijfskundige Aanpak van Heerkens & Winden (2012) één van de meest gebruikte methodieken. Binnen Apollo Vredestein B.V. is de DMAIC-cyclus van Six Sigma gebruikelijk voor het realiseren van kwaliteitsverbeteringen in het proces.

De DMAIC-methodiek bestaat uit vijf fases. DMAIC betekent **Define, Measure, Analyse, Improve and Control**. De DMAIC-cyclus is een methodiek voor het verbeteren van bedrijfsprocessen. Deze methodiek wordt vaak gebruikt in combinatie met Six Sigma om de prestatie te verbeteren door het productieproces te veranderen. Echter wordt er tijdens dit onderzoek geen bedrijfsproces veranderd waardoor deze methodiek afvalt.

De Algemene Bedrijfskundige Aanpak is een systematische aanpak om bedrijfskundige problemen systematisch op te lossen. De methodiek is algemeen en kan op veel verschillende problemen toegepast worden. In elke fase van de Algemene Bedrijfskundige Aanpak kan zelf bepaald worden welke instrumenten gebruikt worden. De Algemene Bedrijfskundige Aanpak bevat 7 fases namelijk:

1. De probleemidentificatie
2. De formulering van de probleemaanpak
3. De probleemanalyse
4. De formulering van alternatieve oplossingen
5. De beslissing: het kiezen van een oplossing
6. De implementatie van de oplossing
7. De evaluatie van de oplossing.

Dit onderzoek zal de Algemene Bedrijfskundige Aanpak gebruiken als raamwerk voor het onderzoek. Deze de methodiek is in alle situaties bruikbaar omdat de methodiek op maat gemaakt kan worden voor het specifieke probleem. Verder is de methodiek een eenvoudig raamwerk dat voor iedereen begrijpelijk is.

1.5.Hoofd en deelvragen en plan van aanpak

De nadruk van het onderzoek ligt op de volgende drie fases van de Algemeen Bedrijfskundige Probleemaanpak: de probleemanalyse, de formulering van alternatieve oplossingen en het implementeren van de gekozen oplossingen. De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

Op welke manier kunnen verliezen in de productie worden meegenomen in de berekening voor de streefwaarde voor het rendement voor een verbetering van het bouwplan van de personenwagbanden bij Apollo Vredestein B.V?

Deelvragen zullen gebruikt worden om tot een oplossing voor het geïdentificeerde probleem te komen. Deelvraag 1 behoort tot de probleemanalyse. Deelvraag 2 geeft richting aan het literatuuronderzoek. Deelvraag 3 analyseert de data. In deelvraag 4 worden er oplossingen gegenereerd en in deelvraag 5 wordt een aanbeveling voor de implementatie van de oplossing gedaan. De deelvragen luiden als volgt:

1. Wat is de huidige situatie van de planningswerkzaamheden van Apollo Vredestein B.V. in Enschede?
2. Hoe kan de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie geoperationaliseerd worden door middel van de OEE?
3. Welk deel van de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie wordt veroorzaakt door de huidige manier van plannen?
4. Op welke manier kunnen de verwachte factoren worden opgenomen in de planning?
5. Hoe moeten de gekozen oplossingen geïmplementeerd worden?

Deelvraag 1 – Wat is de huidige situatie van de planningswerkzaamheden van Apollo Vredestein B.V. in Enschede?

Voor het onderzoek is het belangrijk om eerst het probleem duidelijk te definiëren. Voordat er gekeken kan worden hoe de discrepantie tussen productieplanning en realisatie gereduceerd kan worden moet de huidige situatie geanalyseerd worden. De huidige situatie wordt in kaart gebracht door eerst het productieproces van een personenband te beschrijven. Deze kennis is namelijk van belang bij het uiteenzetten van het planningsproces. Ook worden de huidige definities van termen voor de planning beschreven. De uitwerking van deze deelvraag is te vinden in hoofdstuk 2.

Deelvraag 2 – Hoe kan de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie geoperationaliseerd worden door middel van de OEE?

Het literatuuronderzoek zal vormgegeven worden aan de hand van de vraag: “Hoe kan de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie geoperationaliseerd worden door middel van de OEE?” De discrepantie tussen het bouwplan wordt meetbaar gemaakt door middel van de theorie van de ‘Overall Equipment Effectiveness’. Om de deelvraag te beantwoorden wordt er in de literatuur naar ‘OEE’ gezocht met de trefwoorden ‘Six Big Losses’, ‘KPI’ en ‘Evaluation’. De theorie zal gebruikt worden om de afwijking van het bouwplan meetbaar te maken. Ook zal de theorie gebruikt worden om nieuwe definities op te stellen met betrekking tot het bouwplan. Voor de termen productiecapaciteit, productieplanning, productieverwachting, productiedoel en realisatie wordt de theorie gebruikt om een definitie op te stellen. De uitwerking van het literatuuronderzoek is terug te vinden in hoofdstuk 3.

Deelvraag 3 – Hoe groot is de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie wat veroorzaakt wordt door de huidige manier van plannen?

Eerst wordt de theorie uit de literatuur toegepast op de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie. Er worden indicatoren opgesteld om de discrepantie te meten. De gekozen indicatoren worden gekwantificeerd door middel van data uit het systeem PIBS, Productinformatie- en besturingssysteem van Vredestein. Productiedata en stagnatiedata worden gecombineerd om tot één dataset te komen waarin alle indicatoren per dienst gecategoriseerd worden. Deze dataset zal gebruikt worden om per dienst het verlies te bepalen. De beantwoording van deze deelvraag is te vinden in hoofdstuk 4.

Deelvraag 4 – Wat is de gewenste streefwaarde voor het rendement per machine?

Uit de analyse fase van hoofdstuk 4 komt een aantal factoren die meegenomen kunnen worden in de bepaling van de streefwaarde voor het rendement. Eerst wordt bepaald waaruit de streefwaarde voor

het rendement opgebouwd moet zijn. Daarna wordt er een definitieve factor voor de streefwaarde voor het rendement bepaald. Op basis van de historische data kan er een statistische verdeling bepaald worden die geldt voor het rendement om zo de impact van de gekozen waarde voor het rendement te bepalen.

Er worden drie alternatieven gegeven voor het rendement. Om de alternatieven van de bepaalde rendementsfactoren te testen wordt er een model gemaakt waarin de uitwerking van de rendementen getest wordt. De beantwoording van deze deelvraag is te vinden in hoofdstuk 5.

Deelvraag 5 – Hoe moeten de gekozen oplossingen geïmplementeerd worden?

In deze deelvraag wordt een aanbeveling voor de implementatie gedaan. Het procesveranderingsmodel van Pfeifer & Schmitt wordt gebruikt om de implementatie vorm te geven. Er worden gewenste definities gegeven voor de planning. De relevantie van een haalbaar doel wordt benadrukt. Tevens wordt er een aanbeveling gedaan hoe het bouwplan er visueel uit moet zien. De beantwoording van deze deelvraag is terug te vinden in hoofdstuk 6.

In hoofdstuk 7 worden er conclusies getrokken, de discussie behandeld en aanbevelingen gedaan.

2. Huidige situatie

Dit hoofdstuk beschrijft in paragraaf 2.1 hoe het bouwproces van een personenwagenband verloopt. Paragraaf 2.2 beschrijft hoe de planning tot stand komt. Paragraaf 2.3 wordt aan de hand van een SIPOC diagram het planningsproces beschreven en geïdentificeerd welke factoren het planningsproces beïnvloeden. Ten slotte worden in paragraaf 2.4 de huidige definities van de planning beschreven.

2.1.Productieproces van een autoband

Het productieproces van een autoband bestaat grofweg uit 5 stappen:

1. Het mengen van verschillende soorten rubbers en andere grondstoffen
2. Het produceren van halffabricaten
3. Het bouwen van een greentire
4. Het vulkaniseren van de greentire
5. Kwaliteitsinspectie van de geïmprimeerde autoband

In stap 1 worden alle grondstoffen gereedgemaakt voor de productie van de halffabricaten. De materialen worden gemengd en gewalst. De samenstelling van het materiaal kan worden verdeeld in: rubber, chemicaliën, vulstoffen en overige materialen. Synthetisch rubber (gemaakt van olie) wordt gemengd met natuurlijke rubbers en regeneraat (gerecycled materiaal) om zo een optimaal mengsel van rubber voor een bepaald halffabricaat te produceren. Chemicaliën worden aan het rubbermengsel toegevoegd om de eigenschappen van het rubber gedurende vulkanisatie te beïnvloeden. Vulstoffen worden gebruikt om de eigenschappen van het rubber zoals duurzaamheid en het rijgedrag van de autoband te verbeteren. De overige materialen worden pas bij de productie van de halffabricaten toegevoegd, dit zijn staaldraad en nylonkoord ter versteviging van de band. Het mengproces bestaat uit twee mengstappen. Eerst wordt het eerste deel van het mengsel gemengd waarna dit moet verouderen voordat het naar de tweede menger kan om tot een eindmengsel gemengd te worden.

In stap 2 worden de verschillende halffabricaten waar een autoband uit bestaat geproduceerd. De verschillende halffabricaten waar een autoband uit bestaat zijn weergegeven in Figuur 4. Het Extrusie proces houdt in dat rubber door middel van druk door een opening wordt geperst waardoor een lang extrudaat met dezelfde vorm ontstaat. Tijdens het kalenderen wordt staal of textielkoord berubberd om zo de sterkte van het rubber te beïnvloeden. De hielen worden gemaakt van een staaldradenpakket dat om de velg van de auto gaat om de krachten over te brengen op de band. Het staaldradenpakket wordt gecoat met rubber om verwerkt te kunnen worden in een band.

Component	Proces	Functie	Illustratie
Loopvlak	Extrusie	Gaat slijtage tegen en zorgt voor betere tractie	
Zijkanten	Extrusie	Vangt trillingen, stoten en schokken op en beschermen het onderliggende karkas	
Stalen gordellaag	Kalanderen	Zorgt voor sterkte en stijfheid	
Body plies	Kalanderen	Zorgt voor sterkte en geeft de band structuur	
Voering	Kalanderen	Houdt de band op spanning zonder dat lucht er doorheen diffundeert	
Hiel	Assembleren	Gedeelte band dat in de velg ligt. Zorgt voor overbrenging van de rem en stuwkrachten	

Figuur 4: Halffabricaten Autoband (Apollo Vredestein B.V., 2015)

In stap 3 worden alle halffabricaten (Figuur 4) samengebracht om een greentire te produceren. Een greentire is een nog niet ge vulkaniseerde band. Het bouwen van een band bestaat uit drie stappen namelijk: bouwen van een karkas, bouwen van de kap en assemblage greentire. Het bouwen van het karkas houdt in dat de luchtdichte voering, body ply en hielen samenkomen tot de ‘binnenkant’ van een autoband. Daarna wordt de buitenkant oftewel de ‘kap’ samengebracht met de gordels, capstrip en het loopvlak. In de laatste stap wordt de kap over het karkas geschoven en is de greentire klaar voor vulkanisatie.

Stap 4 is de laatste stap van het productieproces van een autoband waarin een greentire wordt ge vulkaniseerd tot een volwaardige autoband. De vulkanisatie gebeurt in een vulkanisatiepers. De greentire wordt in een matrijs geplaatst en onder hoge temperatuur en hoge druk ge vulkaniseerd. Tijdens vulkanisatie verandert de structuur van het rubber van plastisch naar elastisch. Ook krijgt de band zijn profiel tijdens de vulkanisatie.

In stap 5 wordt de ge vulkaniseerde band door de Uniformity afdeling getest op rijeigenschappen en bouwfouten. De banden worden steekproefsgewijs getest, tenzij er blijkt dat een bepaalde partij veel afwijkingen vertoont, dan volgt er nadere inspectie.

Bouwmachines

Stap 3 van de productie, het ‘bouwen’ van een autoband vindt plaats op bouwmachines. Apollo Vredestein beschikt over 15 bouwmachines van 3 verschillende types namelijk: 6 ‘Automaten’, 7 ‘Halfautomaten’ en 2 ‘Maxxen’. De ‘Automaten’ zijn volledige automatische bouwmachines met een cyclustijd van 30 seconden per band en een korte ombouw tijd. De ‘Halfautomaten’ zijn halfautomatische bouwmachines waar zelf die hielen van de band moeten worden aangeleverd waarna de machine zelf de band maakt. De cyclustijd van de ‘Halfautomaten’ is ongeveer 90 seconden en de ombouw tijd is lang. De ‘Maxxen’ zijn die nieuwste halfautomatische machines van Apollo Vredestein. De ‘Maxxen’ produceren volgens dezelfde methode als de ‘Halfautomaten’ met een lange

ombouwtijd en een cyclustijd van 60 seconden. Op de 'Halfautomaten' en 'Maxxen' worden vooral High-Performance banden en OEM-banden gemaakt terwijl op de 'Automaten' banden grotere orders van een kleinere inchmaat worden geproduceerd.

Iedere machine heeft zijn eigen cijfercode in het Productinformatie- en besturingssysteem. De 7 Halfautomaten hebben de codes 82, 84, 86, 88, 92, 94 en 96. De 2 Maxxen hebben de codes 98 en 102. De 6 Automaten worden allen benoemd met honderdtallen namelijk 200, 300, 400, 500, 600 en 700. Het onderzoek zal zich richten op de Max machine met de code 98.

Ombouwen

Een bouwmachine kan per order één specifieke type band bouwen. Gedurende één order gebruikt de bouwmachine halffabricaten die bedoeld zijn om die specifieke band te bouwen. De bouwmachine is zo afgesteld dat alleen bij gebruik van de juiste halffabricaten een juiste greentire gebouwd kan worden. Als de volgende order een andere band is dan moet de machine omgebouwd worden. Ombouwen is het overschakelen van het bouwen van de ene bandenspecificatie naar de andere specificatie. Dit kan verschillende handelingen vereisen. Gedurende iedere ombouw moeten de halffabricaten verwisseld worden omdat deze altijd veranderen voor een ander type band. Het kan ook zijn dat de inchmaat van de band verandert en dat de hele bouwtrommel¹ waarop de band gebouwd vervangen moet worden. Of dat de centerdecks² vervangen moeten worden omdat de nieuwe band veel breder is dan de vorige band maar wel dezelfde inchmaat heeft. Deze factoren beïnvloeden de normtijd die gesteld wordt voor een ombouw. Voor iedere mogelijke ombouw is namelijk bekend wat er precies aan de machine veranderd moet worden. Dus per ombouw kan er ook een normtijd bepaald worden hoe lang de ombouw volgens de norm zou moeten duren.

2.2.Planningswerkzaamheden

De planningswerkzaamheden beginnen met een jaarplan waarin de productieaantallen van alle bandentypes staan. De sales afdeling van Apollo Vredestein stelt de productieaantallen van dit jaarplan op. Vanuit het jaarplan volgt een vulkanisatieplan en een grondstoffenplan. Het grondstoffenplan bepaalt de inkoop van ruwe grondstoffen en maakt een plan voor ver in de toekomst omdat leveranciers een lange levertijd hebben. Het vulkanisatieplan wordt voor 4 weken in de toekomst gepland en bepaalt het plan van de bouwafdeling en Mengerij-afdeling. Vanaf het vulkanisatieplan is namelijk duidelijk hoeveel rubber van ieder soort nodig is om de verschillende bandentypes te produceren. Rubber dient gemengd te worden in de Mengerij-afdeling en heeft daarna een verplichte verouderingsperiode nodig om verder te kunnen in de productie. Door de verouderingsperiode van het rubber is dit proces niet flexibel is en gebaseerd op het vulkanisatieplan. Op basis van het vulkanisatieplan wordt ook het bouwplan gemaakt. Het bouwplan is een cruciale planning omdat de bouwafdeling in contact staat met alle afdelingen van de fabriek. Op basis van de voorraad van greentires voor de vulkanisatie wordt bepaald welke banden er gebouwd dienen te worden. Er wordt dan een bouwplan gemaakt voor de vijftien bouwmachines door de vraag naar banden te vertalen in orders en de orders in te delen en te rangschikken op prioriteit. Dit bouwplan bepaalt hoeveel banden

¹ De bouwtrommel bepaalt de omtrek van het oppervlak waarop de band gebouwd wordt

² De centerdecks bepalen de breedte van het oppervlak waarop de band gebouwd wordt

op welk moment gebouwd gaan worden en welke halffabricaten hiervoor nodig zijn. De benodigde halffabricaten dienen 2 uur voor aanvang van de productie aanwezig te zijn. Bij het bestellen van deze halffabricaten wordt een bestelhorizon van 20 uur gehanteerd. Iedere machine in de voorfabriek ontvangt een lijst met bestellingen voor halffabricaten van de bouwmaschinen waarmee een productieplan voor halffabricaten gemaakt wordt op basis van prioriteit van de orders op de bouwmaschinen. Alle halffabricaten voor één order dienen aanwezig te zijn 2 uur voordat een band ingepland staat om te starten met productie. Wanneer één halffabricaat afwezig is kan de productie niet aanvangen.

Bouwplan

Het bouwplan wordt voor 6 diensten oftewel 48 uur in de toekomst gepland en na iedere dienst van 8 uur herzien op basis van de voortgang tijdens de afgelopen dienst. De huidige afbeelding van het bouwplan is te zien in Figuur 5. Het bouwplan is in principe een lijst met orders van verschillende type banden die in de bepaalde volgorde geproduceerd moeten worden. De hoeveelheid die geproduceerd moet worden in een dienst is te zien per dienst. In het voorbeeld van Figuur 5 is te zien dat in de eerste dienst 2 orders van 2 verschillende bandentypes gebouwd worden namelijk x1 en x2 van respectievelijk 218 en 136 banden. In de opvolgende dienst zal de rest van de order van het tweede type band ook geproduceerd worden en zal er naar het volgende bandentype worden omgebouwd. Zo heeft iedere band die geproduceerd wordt zijn eigen ordernummer en maat die zichtbaar zijn in het bouwplan.

JCORN1332575			180	APBM PLAN			22/01/19 13:32			Blad 1
			Datum 22/01/19			Dienst 2				

				----- bouwplan -----						
Mach	Ord	Maat	Tk	d0	d1	d2	d3	d4	d5	Status
86	8606		+	.	.	108	.	.	.	HNDU
	8607		+	.	.	26	.	.	.	HNDU
88	8801		+	218	.	.	.	.	.	RST
	8894			136	90	.	.	.	.	BST
	8895		+	.	219	25	.	.	.	BST
	8802		+	.	.	242	.	.	.	BST
	8803		+	.	.	44	200	.	.	
	8804		+	.	.	.	127	117	.	
	8805		+	.	.	.	.	213	31	
	8806		+	.	.	.	.	.	244	
	8807		+	.	.	.	.	.	79	
	8808		+	.	.	.	.	.	.	
	8809		+	.	.	.	.	.	.	

Figuur 5: Bouwplan machine 88

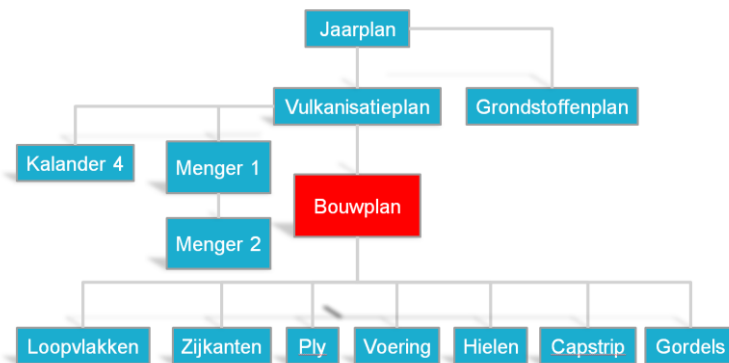
Planningsparameters van het bouwplan

De hoeveelheid banden die er geproduceerd wordt per dienst hangt af van twee planningsparameters. De planningsparameters zijn de productienorm per maat en de streefwaarde voor het rendement per machine. Iedere bandenmaat heeft zijn eigen productienorm in de vorm van een optimale cyclustijd. De productienorm is dus bij iedere band anders. Daarnaast heeft iedere machine een streefwaarde voor het rendement waarmee de cyclustijd als het ware gecorrigeerd wordt. Bij een streefwaarde van 100% rendement wordt er uitgegaan van de optimale cyclustijd tijdens het plannen. Echter wordt de optimale cyclustijd nooit gehaald dus wordt er een waarde van 90% rendement gebruikt. Dit houdt in

dat bij een optimale cyclustijd van 60 seconden er in het bouwplan met $\frac{60}{0.9} \approx 67$ seconden wordt gerekend. In de data analyse van hoofdstuk 4 wordt het rendement verder toegelicht.

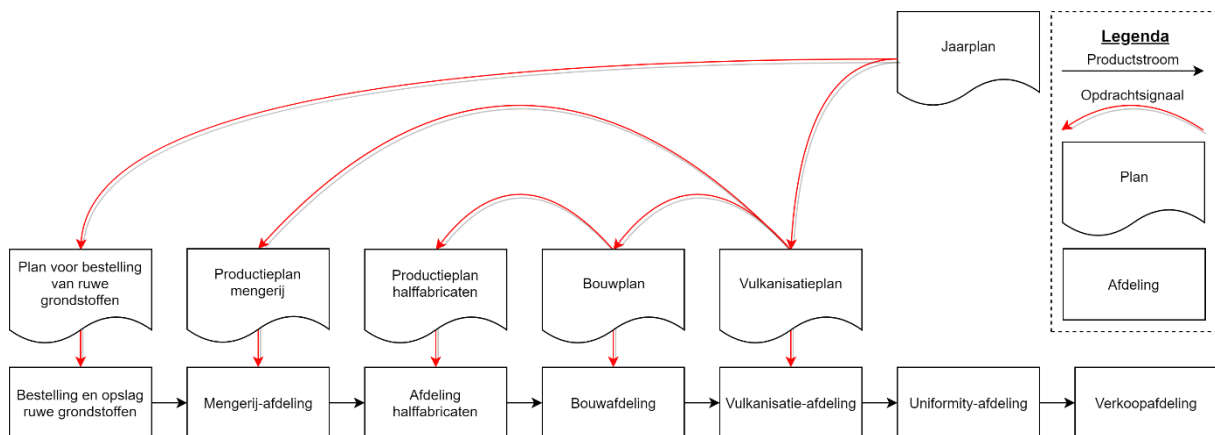
Invloeden op het bouwplan

Het bouwplan is onderhevig aan verandering. Redenen om de het bouwplan aan te passen kunnen zijn: de vulkanisatievraag verandert door stilstand van een vulkanisatiepers, een bouwmachine heeft onverwacht stil gestaan waardoor orders worden verplaatst naar een andere bouwmachine of er zijn problemen in de voorfabriek met halffabricaten waardoor orders niet op tijd kunnen starten. Zo is de bouwafdeling dus leverancier van de vulkanisatie afdeling en afnemer van halffabricaten van de voorfabriek. Dit is te zien in Figuur 6.



Figuur 6: Structuur van productieplanning

Veel factoren hebben invloed op de planning van het productieproces in de fabriek. Als er ergens in de keten een schakel breekt dan heeft dit invloed op de hele fabriek. Het bouwplan zit in het midden van de keten waardoor het bouwplan de gevolgen van verstoringen in de voorfabriek opvangt voor de vulkanisatieafdeling. In Figuur 7 is globaal te zien hoe de verschillende productieplannen met elkaar communiceren en hoe een product langs verschillende afdelingen gaat. In principe wordt het pull principe (Theisens, 2016) gehanteerd vanuit de vulkanisatie afdeling. Het pull principe is onderdeel van Lean en houdt in dat op basis van de vraag van de klant er producten worden geproduceerd. In tegenstelling tot een push principe waar het product naar de klant toe 'geduwd' wordt.



Figuur 7: Productstroom en opdrachtssignaal

De vulkanisatieafdeling is volgens de planningsafdeling de bottleneck van het productieproces. De vulkanisatie stap in het proces heeft geen productiecapaciteit over. Ieder verlies in de vulkanisatieafdeling is direct zichtbaar in de output van de fabriek. Het productieproces is zo ontwerpen dat de vulkanisatiepersen altijd voorzien worden van greentires om te vulkaniseren. De vulkanisatieafdeling bestaat namelijk uit 180 vulkanisatiepersen met een continu proces. Iedere vulkanisatiepers produceert iedere 15 minuten hetzelfde type band gedurende een periode van ongeveer een week. De bouwafdeling produceert niet continu maar op basis van een batch proces. Er worden batches van 200 à 300 banden geproduceerd voordat er wordt omgebouwd naar een ander type band. De 15 bouwmaschinen dienen een continu productieproces te garanderen van de 180 vulkanisatiepersen. Om dit te bewerkstelligen dienen de bouwmaschinen relatief vaak te wisselen tussen verschillende specificaties om te voldoen aan de vulkanisatievraag. Een wissel van een bouwmaschine varieert van 15 minuten tot 45 minuten. Er dient dus een optimale orderhoeveelheid bepaald te worden om zo min mogelijk te wisselen maar wel aan de vraag te voldoen zonder te veel voorraad op te bouwen. Dit is mogelijk omdat de cyclustijd om een band te bouwen ongeveer 10 à 15 keer korter is dan het vulkaniseren van een band.

2.3.Planningsproces

De planningswerkzaamheden van de planner worden geanalyseerd met behulp van de SIPOC-methode (Theisens, 2016). De afkorting SIPOC staat voor Suppliers, Inputs, Proces, Output en Customers. De SIPOC-methode is gekozen omdat de SIPOC een tool is waardoor je het gekozen proces leert begrijpen. Ook komen bestaande problemen in het proces aan het licht. De SIPOC-methode helpt verder om het onderzoek af te bakenen en een goed begrip te krijgen van het doel van het proces. Met de SIPOC-methode wordt het planningsproces beschreven en wordt duidelijk welke factoren het proces beïnvloeden. Het proces zelf wordt eerst globaal beschreven, waarna de input en output van het proces worden gedefinieerd. De input voor het proces kan grondstoffen, halfabricaten, kennis of specialisme zijn om het proces uit te voeren. De output is het uiteindelijk product of dienstverlening. Daarna worden de leveranciers gedefinieerd die voor de input van het proces zorgen. Als laatste wordt de 'klant' van de output bepaald, deze hoeft zich niet buiten het bedrijf te bevinden maar kan ook binnen het bedrijf klant zijn.

Tabel 3 beschrijft het planningsproces aan de hand van het SIPOC diagram. In het vervolg van deze paragraaf wordt het diagram verder toegelicht.

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Wie leveren de invoer?	Welke invoer is er nodig?	Hoe verloopt het proces?	Welke uitvoer ontstaat er?	Wie zijn de klanten?
		Proces: Planningswerkzaamheden		
Hoofdplanner	Jaarplan	Uitvoerder: Planner 1. Automatisch plannen bouwplan 2. Bouwplan afstemmen op vulkanisatie 3. Bouwplan optimaliseren op inchmaat en prioriteit 4. Bestellen halffabricaten voor bouworders 5. Productieplan halffabricaten wordt gevormd en geoptimaliseerd	Bouwplan	Afdeling vulkanisatie
	Grondstoffenplan			Afdeling bouw
	Vulkanisatieplan		Productieplan Halffabricaten	Afdeling halffabricaten
Planner huidige dienst	Kennis van PIBS			Afdeling bouw
Planner vorige dienst	Bouwplan en realisatie vorige dienst		Ombouw/wisselmoment van machines	Afdeling bouw
Industrial Engineering	Pibs Parameters:			
	Productienormen			
	OEE factor per machine			
	Rendement per machine			
	Ordergrootte			
	Planhorizon			
ICT	Systeem PIBS			
Product Industrialisatie	Recept specificatie			

Tabel 3: SIPOC Diagram

Het proces

Het proces dat beschreven wordt omvat alle planningswerkzaamheden die uitgevoerd worden door de planner met betrekking tot het bouwplan. De stappen van het planningsproces dat de planner uitvoert kan teruggebracht worden naar de volgende vijf stappen:

1. Automatisch plannen van het bouwplan op basis van verschillende parameters als productienormen, ordergrootte en planhorizon.
2. Het bouwplan afstemmen op vulkanisatie om te voorkomen dat vulkanisatiepersen geen banden hebben om te vulkaniseren.
3. Handmatig het bouwplan optimaliseren door dezelfde inchmaten achter elkaar te zetten zodat het minder lang duurt om te wisselen. Verder wordt er gekeken naar prioriteit op basis van vraag naar een bepaalde bandmaat.
4. De halffabricaten voor bouworders worden besteld en doorgegeven aan de machines in de voorfabriek.
5. Het productieplan voor halffabricaten wordt gevormd en er wordt gekeken of de halffabricaten op tijd klaar zijn zodat de bouwmaschinen niet stil komen te zijn. Dit productieplan wordt ook geoptimaliseerd door gelijkende halffabricaten achter elkaar te plannen om zo wisseltijd te beperken.

Leveranciers en invoer

Voor het planningsproces heeft de planner verschillende input nodig. Ten eerste dient de planner zelf kennis te hebben van het systeem dat wordt gebruikt om te plannen genaamd Productie Informatie

en Besturingssysteem(PIBS). PIBS is een systeem dat wordt geleverd door de ICT afdeling en bevat alle informatie van verschillende productspecificaties. Deze verschillende product specificaties worden aangeleverd door de afdeling Product industrialisatie.

Daarnaast heeft de planner input nodig om het bouwplan op te baseren namelijk het jaarplan, grondstoffenplan en vulkanisatieplan. Deze 3 planningen worden gemaakt door de hoofdplanner en bepalen de hoeveelheid en samenstelling van de vraag naar greentires. Het bouwplan dat de planner maakt is afhankelijk van het bouwplan van de vorige dienst en van de daadwerkelijke productie in de vorige dienst.

Om PIBS automatisch het bouwplan te laten plannen zijn er een aantal parameters waar het systeem rekening mee houdt. Dit zijn de volgende parameters: productienormen, rendement per machine, ordergrootte en planhorizon. Deze parameters worden berekend door de afdeling Industrial Engineering en kunnen aangepast worden als het blijkt dat een machine afwijkt van de gestelde parameters.

Output en klanten

De primaire output die geleverd wordt is het bouwplan voor de bouwmachines. Het bouwplan wordt gebruikt door de operators om te bepalen wat ze moeten maken en door de afdeling vulkanisatie om te kijken wanneer er een nieuwe order aan greentires geleverd wordt voor een vulkanisatiepers.

Vanuit het bouwplan volgen ook de momenten waarop de bouwmachines dienen te worden omgebouwd of dat er van productspecificatie gewisseld moet worden. Dit is belangrijke informatie voor de operators van de bouwmachine die deze activiteit moeten voorbereiden en uitvoeren.

Verder bepaalt het bouwplan ook het productieplan voor halffabricaten. De afdeling waar de halffabricaten geproduceerd worden moet zich aan dit productieplan te houden om geen problemen te veroorzaken bij de bouwafdeling. De bouwafdeling is namelijk afhankelijk van het naleven van het productieplan van halffabricaten.

In het algemeen is de planning van de bouwmachines afhankelijk van het vulkanisatieplan van de hoofdplanner. De output van het proces is het bouwplan voor de bouwmachines en het productieplan voor halffabricaten.

2.4.Huidige definities

Momenteel worden er 3 termen gebruikt om de productieplanning te definiëren namelijk: productiecapaciteit, productieplanning en realisatie. Deze termen verhouden zich tot elkaar zoals beschreven in Figuur 8.

Productiecapaciteit Theoretische maximale productiviteit		Cyclustijd
Productieplanning Voor bestelling en planning halffabricaten, plan voor operators en verwachting van vulkanisatie	Wisseltijd halffabricaten	Productienorm
Realisatie Daadwerkelijke productie	Alle stagnaties + prestatieverlies + scrap	

Figuur 8: Tabel van huidige definities

De **productiecapaciteit** wordt gebruikt voor het capaciteitsplan en voor strategische beslissingen door het management. In werkelijkheid is dit de nominale productiecapaciteit. De nominale capaciteit is de hoogste capaciteit die bereikt kan worden, zonder rekening te houden met stagnatiefactoren (De Commissie van de Europese Gemeenschappen, 2000). De nominale capaciteit wordt bepaald op basis van de best mogelijke cyclustijd van een band.

De **productieplanning** wordt gebruikt voor het bestellen van de halffabricaten en het bepalen of er aan de vulkanisatievraag voldaan wordt. De geldende bedrijfsdefinitie is dat de theoretische capaciteit wordt gebruikt voor de productieplanning. De theoretische capaciteit wordt bepaald door de best mogelijke cyclus tijd plus extra handelingen die vereist zijn voor het productieproces, maar niet iedere cyclus uit gevoerd dienen te worden. Een voorbeeld van een dergelijk handeling is het wisselen en aanvullen van halffabricaten.

In de huidige situatie wordt de parameter 'productienorm' voor de productieplanning bepaald door de afdeling Industrial Engineering. Deze parameter komt tot stand door de verschillende onderdelen van de cyclustijd stap voor stap te bepalen op basis van tijdsstudies. Op basis van de productienorm wordt een productieplan gemaakt dat als basis geldt voor de bestelling van halffabricaten voor orders. Dit productieplan wordt het bouwplan genoemd en kan per machine bijgesteld worden door middel van een rendement factor specifiek voor een machine. Tevens wordt deze planning ook gebruikt om te bepalen of er aan de vulkanisatievraag kan worden voldaan. Het productieplan zou ook moeten dienen als productiedoel voor de operator, echter is dit niet het geval.

De **realisatie** is de daadwerkelijke productie van de machines in de fabriek. Dit kan uitgedrukt worden in het aantal banden geproduceerd per dag, per dienst, per machine of per order. Het verschil tussen de realisatie en de productieplanning komt door verliezen die optreden gedurende de productie. Dit kunnen bijvoorbeeld materiaal storingen, technische storingen of ombouwtijd zijn.

3. Literatuurhoofdstuk 'OEE' en de 'Six Big Losses'

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de vraag "Hoe kan de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie geoperationaliseerd worden door middel van de OEE?" In paragraaf 3.1 de theorie over 'Overall Equipment Effectiveness' gegeven. In paragraaf 3.2 wordt antwoord gegeven op de deelvraag en wordt de theorie toegepast op Apollo Vredestein.

3.1.Literatuur

Seiichi Nakajima introduceerde in 1988 de 'Overall Equipment Effectiveness' (OEE) als maatstaf van de 'Total Productive Maintenance' (TPM) om informatie te verzamelen en analyseren over de fabrieks beschikbaarheid, prestatie en kwaliteit (Nakajima, 1988). De OEE is de methode die het mogelijk maakt om berekening te maken op basis van de huidige 'equipment efficiency'. Ook geeft de OEE inzicht in het verbeterpotentieel van de fabriek (Gibbons & Burgess, 2010).

De OEE is opgebouwd uit de beschikbaarheid van een machine, de effectiviteit van een machine en de kwaliteit van de geproduceerde producten. Dit kan vertaald worden naar de volgende formule voor de Overall Equipment Effectiveness (Hwang, Lee, Park, & Chang, 2017):

$$\text{Overall Equipment Effectiveness} = \text{Availability} \times \text{Effectiveness} \times \text{Quality}$$

De termen 'availability', 'Effectiveness' en 'quality' waaruit de OEE is opgebouwd kunnen op verschillende manieren gedefinieerd worden. Beschikbaarheid is een referentie hoe de capaciteit van een machine wordt geïutiliseerd relatief aan de geplande capaciteit. Effectiviteit bepaalt hoe effectief een machine is gedurende de productietijd. Effectiviteit wordt ook wel prestatie genoemd en is de vergelijking tussen de werkelijke productieaantallen en de verwachte productieaantallen. De kwaliteit ratio geeft inzicht in de verhouding tussen de geproduceerde producten en de 'goede' producten die aan de kwaliteitseisen voldoen (Hwang, Lee, Park, & Chang, 2017), (Zammori, Braglia, & Frosolini, 2011).

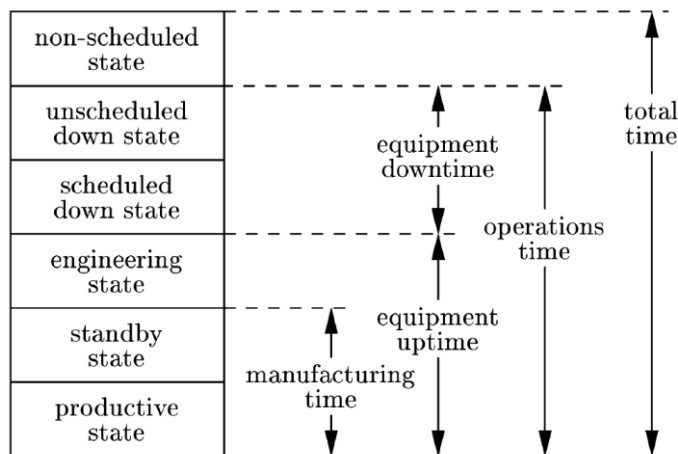
De Ron & Rooda (2005) specificeren de OEE verder in availability efficiency (AE), operational efficiency (OE), rate efficiency (RE) en quality efficiency (QE) door middel van de volgende formule $OEE = AE \times (OE \times RE) \times QE$. Met de volgende definities van AE, OE, RE en QE:

$$AE = \frac{\text{equipment time}}{\text{total time}},$$

$$OE = \frac{\text{manufacturing time}}{\text{equipment time}},$$

$$RE = \frac{\text{theoretical manufacturing time for actual units}}{\text{manufacturing time}},$$

$$QE = \frac{\text{theoretical manufacturing time for effective units}}{\text{theoretical manufacturing time for actual units}}$$



Figuur 9: OEE machine status (De Ron & Rooda, 2005)

Om de OEE waarde te berekenen dienen de verschillende staten waar een machine in kan verkeren gedefinieerd te worden (Figuur 9):

1. Niet-geplande status: de machine is niet ingepland om te produceren zoals in het weekend of in de vakantie.
2. Ongeplande stilstand: de machine is niet in staat te produceren door ongeplande gebeurtenissen die stilstand opleveren, bijvoorbeeld reparaties, verandering van componenten of geen componenten beschikbaar.
3. Geplande stilstand: de machine is niet beschikbaar voor productie door geplande werkzaamheden. Dit houdt in: productie testen, preventief onderhoud en setup.
4. Engineering staat: de machine produceert wel producten echter worden er geen bruikbare producten geproduceerd. Process engineering, equipment engineering en software engineering vallen onder deze staat.
5. Standby staat: de machine is in staat om producten te produceren echter gebeurt dit niet vanwege: geen operator, geen artikelen beschikbaar of geen ondersteuning.
6. Productieve staat: de machine produceert volgens de beoogde planning. Dit is de reguliere productie zoals het productieproces ontworpen is.

Bij het specificeren van de OEE beschouwen we de machine als een productiesysteem bestaande uit de machine en machine omgeving. De machine voert de stappen van de productie uit echter dient de omgeving van de machine het mogelijk te maken om te produceren bijvoorbeeld geschoolde operators en halffabricaten voor de producten. In de theorie wordt met de term machine niet alleen de machine bedoeld maar het hele systeem van machine en omgeving (De Ron & Rooda, 2005).

Bij het omschrijven van de OEE van Nakajima (1988) worden de traditionele 'Six Big Losses' gedefinieerd om de kloof uit te drukken tussen alle beschikbare tijd voor productie en de daadwerkelijke productie (De Ron & Rooda, 2006), (Braglia, Frosolini, & Zammori, Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems performance, 2008):

1. Availability (Downtime losses)
 - 1.1. **Storingen.** Machine storing zijn verliezen doordat de machine stil staat door een defect aan de machine. Bijvoorbeeld: gereedschap storing, geen materiaal, geen bezetting, ongepland onderhoud en machine storing.
 - 1.2. **Set up & aanpassingen.** Verlies door het aanpassen van instellingen. Dit verlies treedt op wanneer één product eindigt en de machine wordt aangepast om te voldoen aan de vereisten van het andere product. Bijvoorbeeld: omschakelingen en instellen, opstarttijd, reinigen van machine, gepland onderhoud en kwaliteitsinspectie.
2. Performance rate (Speed losses)
 - 2.1. **Kleine onderbrekingen.** Verliezen door inactiviteit en kleine stops doen zich voor wanneer de productie wordt onderbroken door een tijdelijke storing of wanneer de machine inactief is. Kleine onderbrekingen zijn stops onder de 5 minuten die geen directe actie vereisen. Deze onderbrekingen vallen niet onder opstarttijd omdat deze onderbrekingen tijdens de stabiele productie gebeuren. Bijvoorbeeld: geblokkeerde productflow, vastlopen van componenten, geblokkeerde sensoren, machine loopt vast en snelle reiniging van onderdelen.
 - 2.2. **Gereduceerde productiesnelheid.** Verliezen door gereduceerde snelheid wordt aangeduid als het verschil tussen de design cyclus tijd en de werkelijke cyclus tijd. In deze categorie vallen alle factoren die de machine er van weerhouden om op theoretische maximale snelheid te produceren. Bijvoorbeeld: machine is langzamer ingesteld dan design cyclustijd, slechte smering van het materiaal, slijtage van machine, slijtage van het gereedschap en operator inefficiëntie.
3. Quality (Defect losses)
 - 3.1. **Proces defecten.** Op basis van kwaliteit afgekeurde producten zijn defecte producten die gedurende stabiele productie voorkomen. Kwaliteitsverliezen treden op wanneer een product niet voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen, een defect product kan worden weggegooid of gerepareerd. Bijvoorbeeld: verkeerde machine instellingen, machine of operator fouten, overschreden houdbaarheidsdatum en onjuiste assemblage.
 - 3.2. **Verminderde yield door start up.** Verminderde yield komt voor tijdens het opstarten van productie wanneer er zich defecten voordoen voordat het productieproces stabiel is. Verminderde yield komt vooral voor na omschakelingen en kan na iedere aanpassing van instellingen gebeuren. Yield laat zien welk percentage van de productie voldoet aan de kwaliteitseisen. Bijvoorbeeld: suboptimale omschakelingen, incorrecte instellingen van een nieuw product, opwarmen van machine of machines die inherent afval produceren bij opstarten.

In de bovenstaande opsomming is per onderdeel van de 'Six Big Losses' uiteengezet wat het onderdeel inhoudt en zijn er bij ieder onderdeel voorbeelden gegeven. Voor deze opsomming zijn de volgende bronnen gebruikt, (De Ron & Rooda, 2006), (Braglia, Frosolini, & Zammori, Overall equipment effectiveness of a manufacturing line(OEEML): An integrated approach to asses systems performance, 2008) en (Jebaraj Benjamin, Murugaiah, & Srikamaladevi Marathamuthu, 2013).

Een aanmerking op de OEE is dat het moeilijk kan zijn om de inefficiënties van een machine in te delen in het kader van de 'Six Big Losses'. In de data logs van complexe machines ziet men vaak dat er voor iedere stop een foutmelding wordt afgegeven, deze data logs zijn moeilijk te ontcijferen. Het nodig kan zijn om contact op te nemen met de fabrikant van de machine voor verduidelijking en uitleg (De Carlo, Arleo, & Tucci, 2014).

Verder is de toepassing van OEE moeilijk in kapitaalintensieve sectoren (De Carlo, Arleo, & Tucci, 2014). In deze sector is het belangrijk dat een machine maximaal benut wordt om de investering van een machine terug te verdienen. Hierdoor is het belangrijke om alle verliezen in acht te nemen zoals: gepland onderhoud en geplande stops tijdens vakantie. Deze stops worden namelijk niet meegenomen in de klassieke berekening van de OEE van Nakajima (1988).

Verder wordt de OEE van een machine vaak beïnvloed door verliezen die niet direct gerelateerd zijn aan de machine maar worden veroorzaakt door de omgeving. Verschillende onderzoekers hebben hier oplossingen voor bedacht door de berekening van de OEE te modificeren of elementen toe te voegen. Braglia, Frosolini, & Zammori (2008) introduceerden hiervoor de OEEML (Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line) om de efficiëntie van een hele productielijn te berekenen.

Aan de hand van de opsomming en voorbeelden van de 'Six Big Losses' kan de OEE van een fabriek berekend worden om de prestatie van een fabriek inzichtelijk te maken. Aan de hand van deze analyse wordt duidelijk welke factoren de productie beïnvloeden.

3.2. Toepassing op Apollo Vredestein

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de OEE gebruikt kan worden om de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie meetbaar te maken. Apollo Vredestein maakt gebruik van de Total Productive Maintenance van Nakajima (1988). De categorieën die gebruikt worden zijn afgeleid van de OEE en komen overeen met de literatuur. Iedere categorie beschrijft een reden waarom de machine niet de gewenste productie heeft kunnen leveren. De 4 hoofdcategorieën die gebruikt worden zijn gepland stop, storing, set up en prestatieverlies. Iedere categorie kan verder gespecificeerd worden door middel van begrippen die binnen Apollo Vredestein gebruikt worden zoals te zien is in Tabel 4. In bijlage 9.1 staan alle categorieën die binnen Apollo Vredestein gebruikt worden. Iedere categorie heeft zijn eigen specifieke storingen die voor kunnen komen. Een materiaal storing kan bijvoorbeeld veel verschillende dingen betekenen omdat er met ieder materiaal een storing kan optreden zijn de categorieën van Tabel 4 en bijlage 9.1 verder uitgewerkt in de specifieke storingen in bijlage 9.2.

Categorie	Omschrijving
Gepland stop	Geen vraag
	Proef
	Onderhoud
	Aanloopserie
Storing	Geen materiaal
	Materiaal storing
	Machine storing
	Overige storingen
Set up	Ombouwen
	Afstellen t.g.v. Ombouw
Prestatieverlies	Kleine onderbrekingen
	Gereduceerde productiesnelheid

Tabel 4: Categoriëatie TPM

Tabel 4 is een eigen interpretatie van Apollo Vredestein hoe OEE en TPM toegepast kunnen worden in de fabriek. De tijd van geplande stop wordt van de totale tijd afgehaald zoals beschreven in de theorie van de OEE. De storingsverliezen en set up verliezen vormen samen de beschikbaarheidsverliezen zoals deze in de OEE genoemd worden. De prestatieverliezen van de OEE komen nagenoeg overeen met de prestatieverliezen van Apollo Vredestein. De kwaliteitsverliezen worden niet gespecificeerd in de categorisatie omdat deze verliezen verwaarloosbaar klein zijn. In hoofdstuk 4 wordt er een selectie gemaakt van verliezen die mee worden genomen in de berekening van de streefwaarde voor het rendement.

4. Data analyse

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de deelvraag: “Hoe groot is de discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie wat veroorzaakt wordt door de huidige manier van plannen?” Paragraaf 4.1 geeft indicatoren waarmee de discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie gemeten wordt en welke indicatoren mee worden genomen in de berekening van het rendement. Paragraaf 4.2 geeft de beschikbare data bronnen en welke informatie hieruit gehaald kan worden. Paragraaf 4.3 zet de data in format zodat er conclusie uit de data kunnen worden getrokken en deze data gebruikt kan worden in hoofdstuk 0. Paragraaf 4.4 geeft antwoord op de deelvraag “Hoe groot is de discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie wat veroorzaakt wordt door de huidige manier van plannen?” en laat zien hoe deze discrepantie is opgebouwd.

4.1. Indicatoren discrepantie

Deze paragraaf beschrijft de indicatoren waarmee de discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie gemeten kan worden.

In de theorie van hoofdstuk 3 worden beschikbaarheidsverlies, prestatieverlies en kwaliteitsverlies gegeven als 3 hoofdcategorieën van verlies. Beschikbaarheidsverlies is de tijd waarin een machine daadwerkelijk stil staat en dus niet beschikbaar is voor productie. Beschikbaarheidsverlies bestaat uit storingen en set up tijd. Prestatieverlies treedt op wanneer een machine wel in productie is maar niet zijn nominale productiecapaciteit haalt. Prestatieverlies bestaat uit kleine onderbrekingen korter dan 5 minuten en gereduceerde productiesnelheid. Onderbrekingen korter dan 5 minuten en gereduceerde productiesnelheid worden niet gedocumenteerd binnen Apollo Vredestein. Daarom is prestatieverlies is een verzamelnaam voor alle verliezen die niet gedocumenteerd worden maar wel ergens gedurende productie optreden.

De beschikbaarheidsverliezen hebben invloed op de werkelijke productietijd. Wat buiten beschouwing wordt gelaten bij de beschikbaarheidsverliezen zijn de geplande stops. Geplande stops hebben invloed op de potentiële productietijd. Dit is de tijd die een machine potentieel beschikbaar zou moeten zijn als onderhoud, proeven en aanloopseries mee worden genomen.

Beschikbaarheidsverlies en prestatieverlies treden iedere dienst op. Een dienst is een shift van 8 uur productie uitgevoerd door een ploeg van werknemers. Het verschilt erg tussen diensten hoeveel beschikbaarheidsverlies en prestatieverlies er optreden. Hoeveel verliezen er in een dienst optreden bepaalt ook de OEE die behaald wordt gedurende een dienst. Een OEE van 100% wordt nooit gehaald; om hier rekening mee te houden wordt de planningsparameter rendement van een machine aangepast. Het rendement van een machine is een weerspiegeling van de verwachting van de OEE van een machine.

Alle specifieke posten in bijlage 9.2 zijn indicatoren van de discrepantie tussen het bouwplan en de realisatie. De som van al deze indicatoren geeft de exacte discrepantie weer. Om het makkelijker te maken zijn alle posten gecategoriseerd in Tabel 4 van hoofdstuk 3. Echter worden niet alle categorieën van deze tabel meegenomen in de berekening van de streefwaarde voor het rendement.

Om te begrijpen welke categorieën mee worden genomen in de berekening van de streefwaarde voor het rendement moet eerst begrepen worden wat het rendement inhoudt. Het rendement is een verwachting van de verliezen die gaan optreden. Het rendement plus de verliezen moeten samen 100% vormen. Stel dat de streefwaarde van het rendement 70% is dan houdt men rekening met 30% aan verliezen. Om de streefwaarde voor het rendement te berekenen is er een schatting nodig voor het verlies waar rekening mee gehouden wordt.

In Tabel 5 zijn de groene categorieën in te plannen en rekening mee te houden bij het maken van het bouwplan. Als een machine gepland stop staat dan wordt hier rekening mee gehouden in het bouwplan dus hoeft hier in het rendement geen rekening mee gehouden te worden. Daarnaast bestaan er voor het ombouwen en afstellen van een machine ook normtijden die exact meegenomen kunnen worden in het bouwplan. Daarom wordt er met ombouwen en afstellen ook geen rekening gehouden in de bepaling van het rendement. Daarnaast zijn er de rode categorieën op basis waarvan de streefwaarde van het rendement bepaald moet worden. Van de som van deze categorieën moet een inschatting gemaakt worden om zo het verwachte verlies te bepalen en hiermee de streefwaarde van het rendement te bepalen. Tenslotte moet de blauwe categorie, geen materiaal, niet mee worden genomen in de berekening voor de streefwaarde van het rendement. Geen materiaal is namelijk een verlies waar de machine niets aan kan doen maar veroorzaakt wordt door andere afdeling eerder in het productieproces. Echter kan de post geen materiaal ook niet mee worden genomen in het bouwplan omdat geen materiaal niet gepland kan worden.

Categorie	Omschrijving
Gepland stop	Geen vraag
	Proef
	Onderhoud
	Aanloopserie
Storing	Geen materiaal
	Materiaal storing
	Machine storing
	Overige storingen
Set up	Ombouwen
	Afstellen t.g.v. Ombouw
Prestatieverlies	Kleine onderbrekingen
	Gereduceerde productiesnelheid

Tabel 5: Indicatoren discrepantie

4.2. Beschikbare data

Deze paragraaf behandelt de databronnen die beschikbaar zijn voor het onderzoek en hoe deze data geïnterpreteerd moet worden.

De hoofdbron is het Productinformatie- en Besturingssysteem (PIBS). Dit systeem wordt gebruikt om alle processen in de fabriek aan te sturen en de planning te communiceren naar alle machines. Verder wordt hier ook alle historische productiedata in gedocumenteerd. Dit houdt in dat per dienst van acht uur en per machine wordt gedocumenteerd hoeveel banden er gebouwd zijn. Ook wordt aan het einde van iedere dienst gedocumenteerd hoeveel een machine heeft stil gestaan gedurende de dienst en op welke post uit bijlage 9.2 dit was.

Een andere bron is de performancedata van een machine. Deze data komt uit het besturingssysteem van de machine zelf en documenteert hoe lang de productie van iedere specifieke band duurt. Dit kan gebruikt worden om de historische productiedata uit het productinformatie- en besturingssysteem te verifiëren.

De laatste bron zijn de normtijden voor productie van de afdeling Industrial Engineering. Deze afdeling bepaalt voor iedere specifieke bandenmaat hoe lang de productie van deze band volgens de norm zou moeten duren. Dit is de productienorm; deze is verschillend voor iedere bandenmaat. Deze productienorm houdt tevens rekening met het aanvullen van materiaal in de machine. Het aanvullen van het materiaal betekent dat cassettes van halffabricaten gewisseld moeten worden wanneer deze leeg zijn. Ook zijn er normtijden vastgesteld voor het ombouwen en afstellen tussen orders. Wanneer er gewisseld wordt van bandenmaat moet de machine ander gereedschap gebruiken en moet de machine opnieuw worden afgesteld voor de nieuwe bandenmaat die geproduceerd gaat worden.

4.3. Data formatteren

In deze paragraaf wordt alle beschikbare data bij elkaar gebracht om per dienst het verlies te berekenen. Op basis van deze data kan er een verwachting van het verlies worden berekend dat zich verhoudt tot de streefwaarde van het rendement van een machine.

Eerst wordt de historische productiedata gebruikt om per dienst te bepalen hoe lang de machine daadwerkelijk geproduceerd heeft. Dit wordt berekend door de productienorm van een band te vermenigvuldigen met het aantal banden dat er geproduceerd is in een dienst. De volgende formule wordt daarvoor gebruikt:

$$Productietijd (min) = productienorm \left(\frac{min}{band} \right) * aantal\ banden(stuks)$$

Daarna wordt de beschikbare productietijd berekend door de tijd te bepalen dat de machine gepland stop heeft gestaan en dit van de 480 minuten die in een dienst zitten af te trekken. De volgende formule wordt hiervoor gebruikt:

$$Beschikbare\ productietijd\ (min) = 480\ minuten - gepland\ stop\ (min)$$

Daarna wordt de data omtrent het ombouwen en geen materiaal uit PIBS gehaald. Hiermee wordt per dienst bepaald hoeveel tijd de machine bezig is geweest met productie, ombouwen of geen materiaal. De tijd die daarna per dienst over blijft is dus verspilde tijd en gaat verloren. Zo kan per dienst een percentage aan verlies berekend worden, dit kan op de volgende manier:

$$Verlies(\%) = \frac{Beschikbare\ productietijd - (productietijd + ombouwen + geen\ materiaal)}{Beschikbare\ productietijd}$$

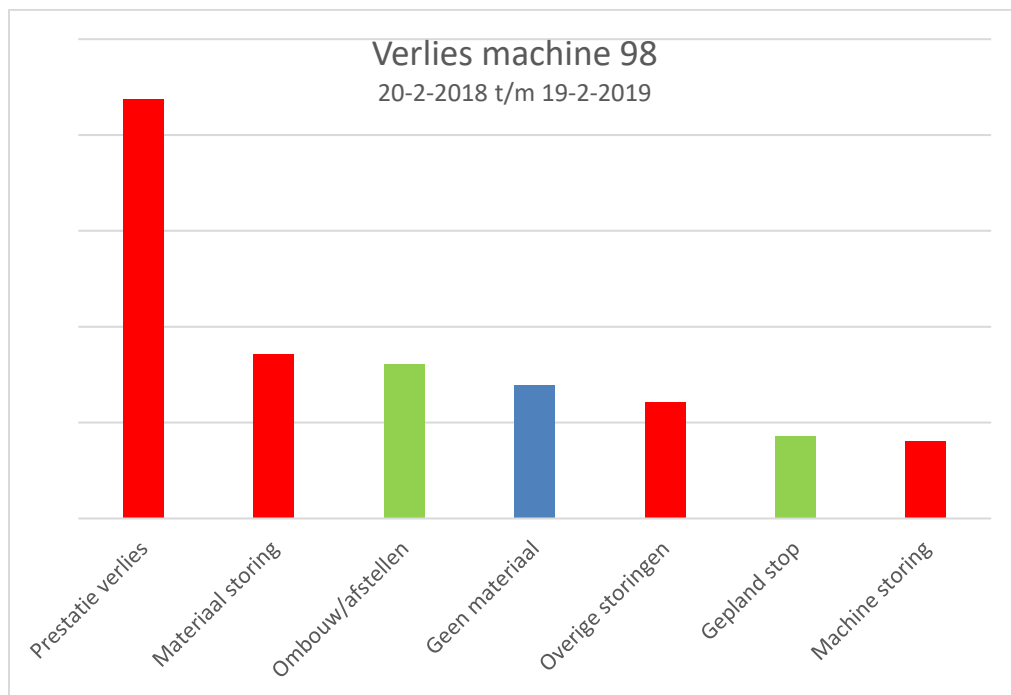
Op basis van de bovenstaande formule kan er per dienst per machine worden berekend wat het percentage verlies is wat er heeft opgetreden. Aan de hand van dit verlies kan ook een berekening worden gedaan van het behaalde rendement in de dienst. Tabel 6 laat een deel van de data zien die verkregen wordt door middel van deze berekening. In de laatste kolom is het berekende percentage per dienst te zien. In het voorbeeld is te zien dat er per dag 3 diensten zijn wat betekent dat een maand aan data ongeveer 90 datapunten oplevert. Om betrouwbare conclusies te kunnen trekken wordt alle data die beschikbaar is vanaf 1 januari 2018 gebruikt voor het onderzoek zodat er data van meer dan 1000 diensten beschikbaar is.

Machine	Datum	Dienst	Gepland stop (min)	Beschikbare productietijd (min)	Productie tijd (min)	Ombouwen (min)	Geen materiaal (min)	Verlies percentage (%)
98	23-1-2018	1						
98	23-1-2018	2						
98	23-1-2018	3						
98	24-1-2018	1						
98	24-1-2018	2						
98	24-1-2018	3						
98	25-1-2018	1						
98	25-1-2018	2						
98	25-1-2018	3						

Tabel 6: Voorbeeld data

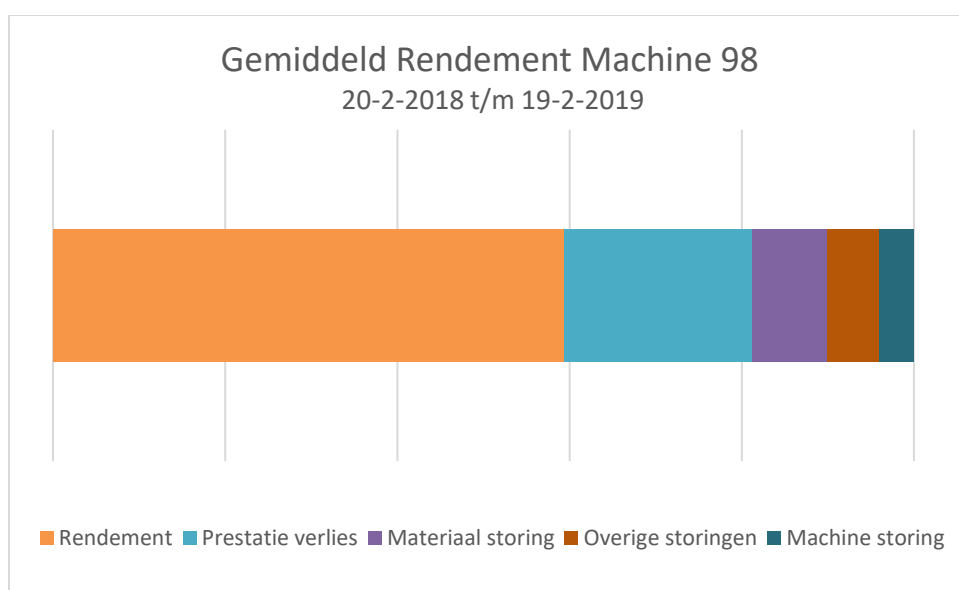
4.4.Conclusie

De discrepantie die optreedt tussen het bouwplan en de realisatie kan gemeten worden door aan de categorieën uit Tabel 5 waardes toe te kennen. Dit zijn gemiddeldes uit de data van het afgelopen jaar. Figuur 10 laat de waardes van de categorieën met de bijbehorende kleurcodering. Het is te zien dat er een groot deel aan prestatieverlies is wat veroorzaakt wordt door kleine onderbrekingen en gereduceerde productiesnelheid. Verder is ombouwen en afstellen een grote post die gepland kan worden en kan worden meegenomen in het bouwplan.



Figuur 10: Verlies Machine 98

Op basis van de gemiddelde waarden uit Figuur 10 kan er een schatting voor de streefwaarde van het rendement bepaald worden. De streefwaarde voor het rendement zou 100% zijn minus de rode waarden. Dit betekent dat het de streefwaarde rendement ongeveer x% moet zijn op basis van de gemiddelde waarden (Figuur 11). Momenteel is de streefwaarde van het rendement 90%. Er is dus een groot verschil tussen de huidige streefwaarde van het rendement en wat het rendement daadwerkelijk is. Dit verschil verklaart ook de discrepantie tussen het bouwplan en de realiteit.



Figuur 11: Rendement machine 98

5. Oplossing

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag: “Wat is de gewenste streefwaarde voor het rendement per machine?” Paragraaf 5.1 legt de link tussen het berekende verlies per dienst, de streefwaarde voor het rendement en het bouwplan. Paragraaf 5.2 geeft de criteria waarop de data gefilterd moet worden. Paragraaf 5.3 kiest een statistische verdeling die van toepassing is op de data. Paragraaf 5.4 geeft 3 alternatieven voor het rendement. Paragraaf 5.5 test de 3 alternatieven voor het rendement. Paragraaf 5.6 kiest het beste alternatief voor het rendement.

5.1. Uitleg oplossing

Deze paragraaf geeft een overzicht over hoe de gewenste streefwaarde van het rendement tot stand komt.

De oplossing voor het probleem beschreven in hoofdstuk 1 is een gefundeerde berekening van het rendement om te gebruiken bij het maken van het bouwplan. In paragraaf 4.4 is geconcludeerd dat de huidige streefwaarde voor het rendement niet overeenkomt met de werkelijkheid. Simpelweg het gemiddelde rendement van 60% als streefwaarde gebruiken zal voor een bouwplan zorgen wat gemiddeld gezien goed is. Echter zal het daadwerkelijke rendement vaak hoger zijn dan het gemiddelde rendement, dit is te zien in de resultaten van paragraaf 5.5. Als het daadwerkelijke rendement hoger is dan de streefwaarde het rendement dan zal er meer geproduceerd worden dan verwacht en dit is niet gewenst.

Omdat het gemiddelde rendement niet voldoet moet de streefwaarde voor het rendement op een andere manier bepaald worden. Op basis van de historische data van de verliezen kan een passende statistische verdeling gekozen worden. Door middel van een statistische verdeling kunnen de parameters voor een cumulatieve distributiefunctie berekend worden. Een cumulatieve distributiefunctie berekent de cumulatieve waarschijnlijkheid voor een gegeven x-waarde (Minitab, 2017). Zo kan de cumulatieve distributiefunctie de waarschijnlijkheid bepalen dat een willekeurige dienst een rendement heeft hoger dan of gelijk aan een gegeven rendement (x-waarde). Deze kans is daarmee gelijk aan de kans dat een order eerder klaar is dan de bepaalde starttijd en het gegeven rendement. Op deze manier kan de stochastische data van de statistische verdeling worden gebruikt in de deterministische planning van het bouwplan.

5.2. Filteren van data

De data van hoofdstuk 4 bevat nog veel waardes die niet representatief zijn om mee te nemen in de berekening van de streefwaarde voor het rendement. De data bevat gegevens van alle diensten in de periode van 11 januari 2018 tot en met 11 januari 2019. De periode waarvan data is verkregen is zo groot mogelijk gekozen om de validiteit van de analyse te garanderen. De waarde van de dienst wordt alleen meegenomen in het geval dat er significant genoeg productie is geweest om een zinnige uitkomst uit de berekening voor het rendement te verkrijgen. Samen met de stakeholders van de afdeling planning en de afdeling Industrial Engineering zijn criteria bepaald waaraan de data moet voldoen. Wanneer de data aan de criteria voldoet kan gegarandeerd worden dat verdere berekeningen gebaseerd wordt op representatieve data.

Ten eerste wordt de hele maand augustus 2018 uitgesloten omdat gedurende deze maand de fabriek niet op maximale productiecapaciteit produceerde vanwege vakantie. Nadat deze maand is uitgesloten blijven er nog 970 diensten over die aan de volgende criteria moeten voldoen:

1. Geplande stops minder dan 90 minuten per dienst. Dit zorgt voor minimaal 390 minuten aan beschikbare productietijd.
2. Daadwerkelijke productietijd minimaal 60 minuten per dienst. Productietijd moet een minimum van 60 minuten hebben om zeker te stellen dat er geproduceerd is gedurende de dienst.
3. Geen materiaal is minder dan 60 minuten per dienst. Wanneer er meer dan 60 minuten geen materiaal is geweest dan heeft dit invloed op anders stagnatie posten omdat deze simultaan kunnen voorkomen.

Door middel van ieder criteria wordt er een aantal diensten uitgesloten. In Tabel 7 is te zien hoeveel diensten er worden uitgesloten door ieder criteria. In totaal betekenen de criteria dat er 245 diensten niet worden meegenomen in de berekening van de streefwaarde voor het rendement.

Nummer	Criteria	Aantal diensten	Uitgesloten diensten
	Geen criteria	970	0
1	Gepland stop < 90 minuten	888	82
2	Productietijd > 60 minuten	942	28
3	Geen materiaal < 60 minuten	814	156
1, 2 en 3	Alle criteria	725	245

Tabel 7: Uitgesloten diensten op basis van criteria van machine 98

Na het filteren van de data kunnen de gemiddeldes en standaardafwijking van de verschillende variabelen van machine 98 worden bepaald. Deze data is te vinden in Bijlage 9.3. Het opmerkelijke hiervan is dat het gemiddelde rendement gestegen is naar bijna x% door het filteren van de data. Verder wordt er gemiddeld per dienst x minuten aan productie besteedt en x minuten aan ombouwen en afstellen. Dat de machine iedere dienst x minuten aan het ombouwen en afstellen is komt overeen met de werkelijkheid omdat dit ongeveer 1 à 2 ombouwen per dienst zijn op machine 98.

5.3. Statistische verdeling kiezen

In deze paragraaf wordt er een passende statistische verdeling bepaald voor de verkregen data. Dit zal gedaan worden aan de hand van de Anderson-Darling Test en een verschillende grafische weergaves. Grafische weergaves zijn een makkelijke en goede controle om te controleren of de data overeenkomt met de statistische verdeling.

De Anderson-Darling test is een statistische test om te bepalen of data volgens een bepaalde kansverdeling verdeeld is. De test vergelijkt de input data met verschillende statistische verdelingen en geeft een waarde voor de afwijking van de gegeven verdeling. Uit deze berekening volgt een AD-waarde die aangeeft in hoeverre de data afwijkt van de verdeling. Deze waarde dient zo laag mogelijk te zijn om met zekerheid te kunnen zeggen dat de data overeenkomt met de verdeling. Verder volgt er een p-waarde uit de Anderson-Darling test. Deze p-waarde wordt gebruikt om de nulhypothese (H_0)

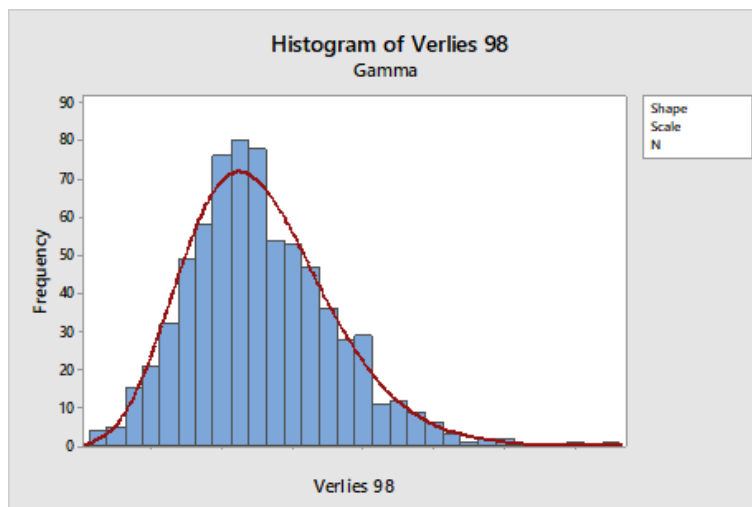
te accepteren in plaats van te verwerpen zoals de hypothese test normaal gebruikt wordt. Om de nulhypothese (H_0) aan te accepteren moet deze waarde zo hoog mogelijk zijn. Normaal wordt de nulhypothese verworpen bij een p-waarde lager dan 0,05. Bij de Anderson-Darling Test wordt bij een p-waarde hoger dan 0,05 aangenomen dat er een significante kans is dat de verdeling volgens een bepaalde verdeling verdeeld is (Brook, 2010).

De Anderson-Darling Test is uitgevoerd op de data van machine 98 en 102. De test is uitgevoerd op twee machines om te garanderen dat de gamma verdeling ook op andere machines toepasbaar is en niet alleen op machine 98. De uitkomst van de Anderson-Darling tests zijn te vinden in Tabel 8. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de Gamma-verdeling het best past bij de verkregen data. De AD-waardes zijn namelijk het laagste bij de gamma verdeling. Tevens zijn de p-waardes ook het hoogst van de geteste verdelingen. De p-waardes liggen boven de 0,05 dus er mag aangenomen worden dat er een significante kans is dat de data de gamma verdeling volgt. Op basis van de AD-waarde en p-waarde is het aannemelijk dat de data volgens een gamma-verdeling verdeeld is.

	Machine 98		Machine 102	
Distribution	AD	p	AD	p
Normal	3,395	<0,005	4,904	<0,005
Lognormal	1,107	0,007	2,100	<0,005
Exponential	171,813	<0,003	128,041	<0,003
Weibull	5,485	<0,010	4,918	<0,010
Gamma	0,388	>0,250	0,619	0,114
Logistic	2,31	<0,005	2,373	<0,005
Loglogistic	0,685	0,044	0,780	0,024

Tabel 8: Goodness of Fit Test Machine 98

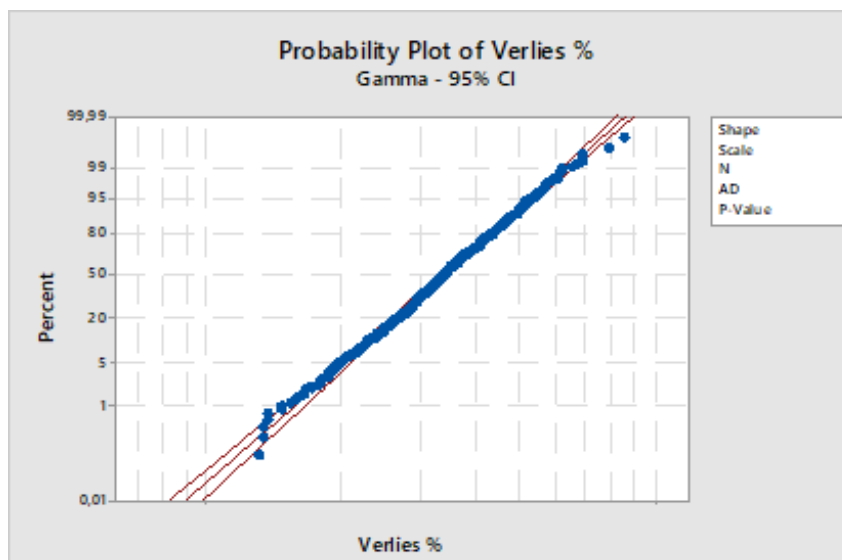
Een snelle verificatie om te concluderen of de data een verdeling volgt is de histogram van de data met fit. Dit houdt in dat er naast de histogram van de data van machine 98 een lijn wordt geplot die de kansdichtheid representeert van de gamma verdeling. In Figuur 12 is te zien dat de histogram goed overeenkomt met de lijn van de gamma verdeling. Dit betekent dat de gamma verdeling verder getest kan worden om te kijken of de gekozen verdeling klopt.



Figuur 12: Histogram machine 98

Een probability plot is een grafische weergave waarmee gecontroleerd kan worden of twee data sets overeenkomen. Zo kan de machine data set vergeleken worden met de data set van de gamma verdeling met een bepaalde Alpha(α) en Beta(β). De data wordt zo geplot dat bij overeenkomende data sets de punten een rechte lijn vormen (Brook, 2010).

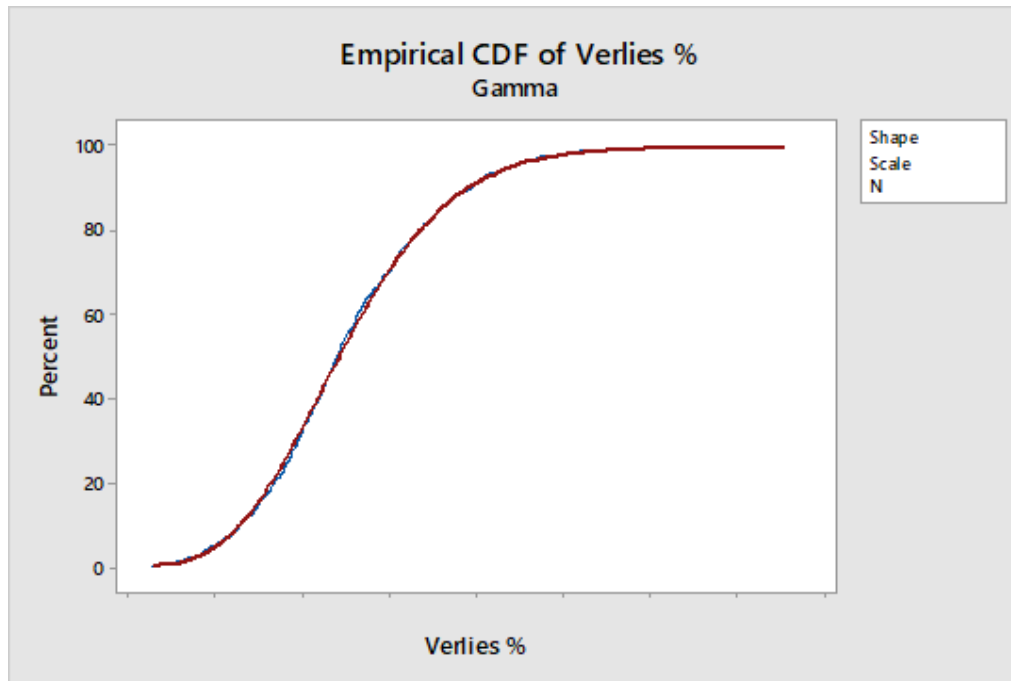
Wanneer we van de data van machine 98 een probability plot maken met de gamma verdeling volgt er een rechte lijn. In Figuur 13 is de gamma verdeling geplot ten opzichte van de data van machine 98. De gamma verdeling heeft een Alpha(shape) en Beta(scale) van respectievelijk x en x.



Figuur 13: Probability Plot Machine 98

Een andere manier om de ene dataset met de andere dataset te vergelijken is de empirische cumulatieve verdelingsfunctie. Dit is in principe ook een probability plot maar dan met een lineair assenstelsel waardoor er geen rechte lijn ontstaat maar een kromme. De kromme van de machine data

moet dezelfde kromme volgen als de data van de gamma verdeling (Figuur 14). Figuur 14 is vooral handig bij het bepalen van het verlies wat verwacht wordt met een bepaalde kans. Zo is uit de grafiek af te lezen dat x% van de tijd het verlies onder de x% ligt.



Figuur 14: Empirische cumulatieve verdelingsfunctie Machine 98

Toepassing van de gamma verdeling

Aan de hand van de beschrijvende statistieken van de data uit bijlage 9.3 kan de Alpha(α) en Beta(β) bepaald worden om de passende gamma verdeling bij de data te vinden. Aan de hand van het gemiddelde, $E(X)$, en de variantie, $Var(X)$, kan de Alpha(α) en Beta(β) berekend worden. De Alpha en Beta kunnen berekend worden door middel van de volgende formules:

$$\alpha = E(X) * \beta$$

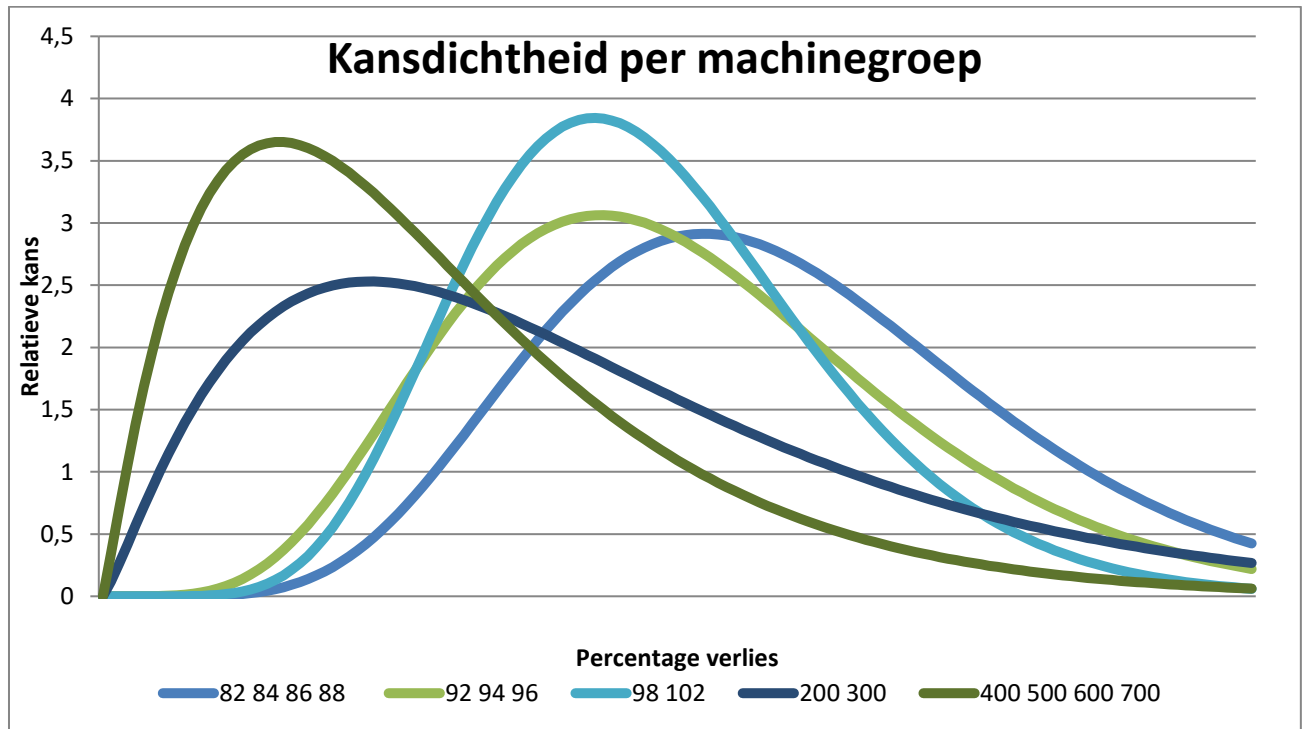
$$\beta = \frac{E(X)}{Var(X)}$$

Met de gevonden Alpha en Beta kan kansdichtheid functie van iedere machine gemaakt worden. De kansdichtheid grafiek (Figuur 15) geeft weer wat de kans is dat een bepaalde waarde optreedt. De kansdichtheid is een niet-negatieve functie met totale integraal 1.

Conclusie gamma verdeling

Op basis van de gemiddelden en de variantie van alle machines kan de gamma verdeling worden toegepast op alle machines. In Figuur 15 is de kansdichtheid gegeven van alle machines gegroepeerd in 5 groepen. In de grafiek is te zien dat machine 98 en 102 een gemiddeld verlies hebben van ongeveer x% met een relatief lage spreiding. Machine 92, 94 en 96 hebben hetzelfde gemiddelde verlies als machine 98 en 102 aar een grotere spreiding. De machines 82, 84, 86 en 88 hebben gemiddeld het

hoogste verlies; dit klopt ook met de verwachting omdat dit de oudste machines zijn. Verder is te zien dat de 'automaten' een lager verlies hebben en dat machines 400, 500, 600 en 700 relatief weinig verlies vertonen. Dit komt ook overeen met de verwachting omdat dit een ander type machine dan de halfautomaten zal het verlies ook lager zijn. Machine 200 en 300 hebben als automaat daarentegen meer verlies; dit komt ook overeen met de verwachting omdat dit ook oudere machines zijn dan de nadere 'automaten'.



Figuur 15: Kansdichtheid per machinegroep

In deze paragraaf worden de 3 alternatieven voor de streefwaarde van het rendement beschreven voor machine 98 (Tabel 9). Tevens worden per alternatief de voor- en nadelen toegelicht. Het eerste alternatief (blauw) is vergelijkbaar met de huidige situatie, het ingesteld rendement blijft hetzelfde alleen in de nieuwe planning wordt de ombouwnorm meegenomen. Het tweede alternatief (groen) stelt de kans dat een order eerder klaar is op x% en neemt de ombouwnorm mee. Het derde alternatief (rood) stelt de kans dat een order eerder klaar is op x% en neemt ook de ombouwnorm mee. In alternatief twee en drie wordt voor iedere machine een apart rendement bepaald op basis van de kans dat een order eerder klaar is. In Tabel 9 zijn verschillende streefwaardes voor het rendement te zien met daarbij de statistische kans op kritieke dienst. Daarnaast is de streefwaarde getest op basis van het model uit paragraaf 5.5. 1010 diensten zijn bekeken en er is bepaald hoeveel diensten hiervan kritiek zullen zijn zodat het bouwplan overschreden wordt. Verdere uitleg zal volgen in paragraaf 5.5.

[illegible]

De verkregen alternatieven voor het rendement van Tabel 9 kunnen ook verkregen worden voor de andere machines in de fabriek deze zijn te vinden in bijlage 9.5. Het gemiddelde verlies van machine 88 tot en met 98 ligt bij iedere machine rond de x%. Echter zit er wel verschil in het bepaalde rendement voor alternatief 2 en 3 omdat de spreiding van de data hier belangrijk is. Wanneer er weinig spreiding in de data zit zal het rendement lager liggen omdat er met meer zekerheid kan worden vastgesteld dat het verwachte verlies binnen bepaalde marges valt.

Joep Cornelissen

daadwerkelijk nodig zijn. De voorfabriek wordt overvraagd omdat halffabricaten in de realiteit pas later nodig zijn. De vulkanisatie kan niet op de het bouwplan rekenen en zal bij geen stagnatie in de vulkanisatie geen banden hebben om te vulkaniseren.

Alternatief 2 (groen) gaat er van uit dat de het rendement in $x\%$ van de gevallen enkele procenten hoger zal uitvallen en $x\%$ van de gevallen lager zal zijn. Het gevolg hiervan is dat $x\%$ van de diensten een hoger rendement heeft dan de streefwaarde. Daardoor zal de productie aan het einde van een dienst voorlopen op het bouwplan. Het voordeel van dit rendement is dat de geschatte starttijd van een order minder afwijkt van de daadwerkelijke starttijd dan voorheen waardoor het bouwplan nauwkeuriger zal zijn. In $x\%$ van de diensten zal het bouwplan problemen opleveren voor de levering van halffabricaten omdat er meer dan 2 uur wordt ingelopen op het bouwplan. Het grootste voordeel is dat het bouwplan realistischer wordt waardoor operators een haalbaar doel krijgen en andere afdeling kunnen rekenen op het bouwplan.

Alternatief 3 (rood) is zo bepaald dat $x\%$ van de orders een werkelijk rendement hoger hebben dan de streefwaarde en $x\%$ een lager rendement dan de streefwaarde. Deze streefwaarde zou een zo realistisch mogelijk bouwplan opleveren. Echter zal dit er wel voor zorgen dat bij diensten zonder stagnatie de dienst fors eerder klaar zal zijn dan verwacht. Het voordeel van dit rendement is dat het doel altijd haalbaar is en dan ook vaak gehaald zou moeten worden. Wanneer een doel niet meer uitdagend wordt geacht zal er ook geen waarde aan worden gehecht wanneer dit doel gehaald wordt. Omdat diensten vaak eerder klaar zijn kan dit resulteren in dat er nog geen halffabricaten aanwezig zijn of dat er geen opslagmiddelen voor de gebouwde greentires zijn omdat hier geen rekening mee is gehouden.

5.5.Rendementsfactor testen in model

De streefwaarde van het rendement wordt in de planning gebruikt om de verwachte productietijd te beïnvloeden. Als de streefwaarde voor het rendement lager wordt gezet betekent dit dat een order langer duurt in het bouwplan, wat resulteert in een latere starttijd van de volgende order. De juiste waarde voor het rendement wordt bepaald door met de gamma verdeling het juiste verlies te vinden en dit getal van het rendement af te halen. Wanneer er geen verlies wordt meegerekend zou dit 100% rendement betekenen.

Uitleg Model

Om te verifiëren of het nieuwe rendement goed is, moet het nieuwe rendement getest worden door middel van een model. Dit model moet de werkelijkheid weerspiegelen en een nauwkeurige verwachte starttijd geven dan bij het huidige bouwplan het geval is. Daarom is er een model gemaakt waarvan de uitkomst te zien is in **Error! Reference source not found..** De input voor het model is de machinecode, de specificatie (bandenmaat) en het aantal (ordergrootte). Met deze input kan er een verwachte starttijd voor iedere order berekend worden. Per specificatie wordt er een normtijd per band opgezocht in de database zodat er per order berekend kan worden hoe lang de productie theoretisch zou moeten duren. Dit aantal productie minuten wordt daarna gecorrigeerd met het berekende rendement. Stel het berekende verlies is $x\%$, dan is het verwachte rendement $x\%$. Dit houdt in dat het aantal productie minuten gedeeld wordt door 0,90. Daarna wordt bepaald welke type ombouw plaats

moet vinden van de ene specificatie naar de andere specificatie. Dit wordt bepaald door in een database de code voor de ombouw op te zoeken en deze weer te geven in het model. De code 110000 betekent bijvoorbeeld 'Drumwissel + Centerdecks/Ringen' terwijl 010000 'Alleen Centerdecks/ringen' betekent. Per soort ombouw is er een normtijd vastgesteld. Deze normtijd geeft aan hoe lang een ombouw van dat soort zou moeten duren. Om tot de verwachte starttijd van een order te komen wordt de starttijd van de voorgaande order gebruikt en wordt er het aantal productie minuten en ombouw minuten bij opgeteld. Dit komt neer op de volgende formule:

$$\text{Starttijd order 2} = \text{Starttijd order 1} + \frac{\text{Productie minuten}}{\text{Rendement}} + \text{Ombouw minuten}$$

Test van alternatieven

De verschillende alternatieven voor het rendement kunnen ingevoerd worden in het model. De gebouwde banden in de periode van 1-1-2018 tot en met 31-12-2018 zijn gebruikt als input voor het model omdat er zo veel mogelijk data gebruikt moet worden om de streefwaarde voor het rendement te controleren. In Tabel 9 is de uitkomst van de test te zien. Per historische dienst is bepaald hoe lang de dienst theoretisch zou moeten doen met de bepaalde streefwaarde voor het rendement. Wanneer de theoretische tijd de 8 uur overschrijdt betekent dit dat de dienst kritiek is en dat er in de betreffende dienst boven verwachting geproduceerd is.

5.6.Rendement kiezen

In deze paragraaf wordt het beste alternatief voor het rendement gekozen.

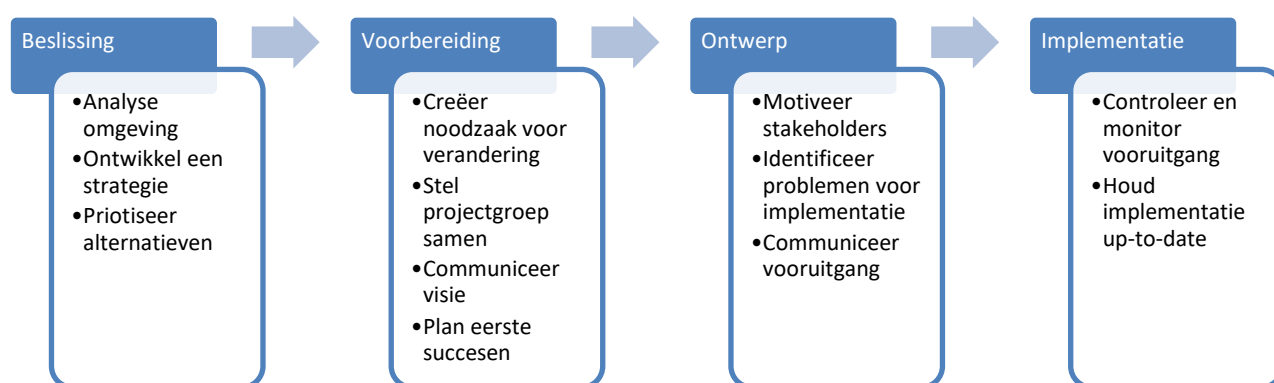
Uit de test van paragraaf 5.5 en Tabel 9 blijkt dat alternatief 2 de werkelijkheid het best benaderd. De huidige instelling van het rendement blijkt veel te optimistisch en zal x% van de diensten kritiek zijn. Volgens de stakeholders van de afdeling planning en Industrial Engineering mag dit getal hoger zijn zolang de diensten niet vaak eerder dan 2 uur eerder klaar zijn. Alternatief 2 geeft een streefwaarde voor het rendement van x% en zal x% zorgen voor een kritieke dienst. Echter zal dit maar x% van de diensten ook problemen op leveren voor de halffabricaten. Volgens de stakeholders is dit alternatief acceptabel. Alternatief 3 met een streefwaarde voor het rendement van x% zal x% van de diensten kritiek zijn. Dit komt goed overeen met de verwachting van x% echter zal dit in x% van de diensten problemen opleveren voor de halffabricaten; dit vinden de stakeholders niet meer acceptabel. Daarom wordt alternatief 2 aangeraden omdat dit alternatief de realiteit het beste benaderd.

6. Implementatie

In dit hoofdstuk zal een implementatieplan gegeven worden voor de implementatie van de oplossing. Het procesveranderingsmodel van Pfeifer & Schmitt (2005) zal gebruikt worden om de implementatie vorm te geven. Paragraaf 6.1 beschrijft het procesveranderingsmodel van Pfeifer & Schmitt. In paragraaf 6.2 worden de gewenste definities van termen voor de planning gegeven die nodig zijn voor de implementatie van de oplossing. In paragraaf 6.3 wordt de relevantie van een haalbaar doel benadrukt en hoe dit draagvlak kan creëren bij stakeholders. In paragraaf 6.4 wordt een aanbeveling gedaan hoe het bouwplan er idealiter uit zou moeten zien. In paragraaf 6.5 wordt beschreven hoe de implementatie gecontroleerd moet worden. Verder wordt er beschreven hoe de oplossing up-to-date gehouden kan worden.

6.1. Procesveranderingsmodel Pfeifer & Schmitt

Het procesveranderingsmodel van Pfeifer & Schmitt is een verbeteringsmodel dat specifiek gebruikt kan worden in omgevingen waar de situatie constant verandert. Verder wordt de nadruk gelegd op het motiveren van de werknemer. Dit zijn twee aspecten die passen bij de implementatie van de oplossing bij Apollo Vredestein B.V. Het is erg belangrijk dat de werknemers worden meegenomen in de verandering want de werknemers zullen met de uitkomst van de verandering te maken hebben.



Figuur 16: Procesveranderingsmodel Pfeifer & Schmitt (vertaald)

In de eerste stap, de beslissing, is het belangrijk dat er een strategie wordt bepaald voor de langere termijn. Strategische doelen moeten gedefinieerd worden om later op terug te kunnen vallen. Daarna moet de link gemaakt worden met de dagelijkse doelen door operationele doelen vast te stellen. Voor de operationele doelen kan uit verschillende alternatieven de beste oplossing gekozen worden.

In de tweede stap, de voorbereiding, worden de stakeholders overtuigd waarom de verandering nodig is. Zo kan er draagvlak gecreëerd worden zodat de implementatie succesvol kan worden uitgevoerd. De volgende aspecten zijn belangrijk voor het creëren van draagvlak: stakeholders laten inzien waarom de verandering belangrijk is, duidelijke verwachting scheppen, een oplossing bieden voor het probleem en een positieve houding creëren onder werknemers ten opzichte van de verandering.

In stap drie, het ontwerp, wordt het plan voor de implementatie vormgegeven. Hoe moet de oplossing er uit zien volgens de stakeholders en welke problemen voorzien de stakeholders gedurende de implementatie. In deze fase is het al erg belangrijk om de stakeholders op de hoogte te houden van de voortgang.

In de laatste stap, de implementatie, wordt de oplossing daadwerkelijk doorgevoerd. Het implementatieproces van een oplossing is vaak dynamisch en kan verandering in de planning veroorzaken. De implementatie moet gecontroleerd en bijgestuurd worden waar nodig door input van stakeholders.

Na de implementatie moet de oplossing up-to-date gehouden worden door eventueel de doelen en definities bij te stellen. Of de oplossing te perfectioneren om een blijvende verandering te garanderen.

6.2.Beslissing

In deze paragraaf worden definities voor de planning aangedragen om de implementatie op te baseren. Daarna worden de alternatieven uit hoofdstuk 0 kort behandeld en als beslissing meegenomen in de implementatie.

Gewenste definities van termen voor de planning

Om de verandering duurzaam te maken voor de lange termijn zijn er duidelijke definities nodig. Door duidelijke definities op te stellen wordt het duidelijk wat de strategie en visie is van de verandering. In de huidige situatie worden alleen productiecapaciteit, productieplanning en realisatie als richtlijn gebruikt om de productie te sturen. De productieplanning heeft volgens de analyse van hoofdstuk 2 in de huidige situatie een driedubbele functie namelijk:

- Bepalen of er aan de vulkanisatievraag wordt voldaan
- Een productiedoel stellen voor een operator van de machine
- Het bestellen van halffabricaten voor de productie van een order

Voor een duidelijk onderscheid in de planning moeten de begrippen productiedoel en productieverwachting toegevoegd worden. Zo zijn er vijf begrippen voor de planning met ieder een eigen functie. De vijf begrippen luiden als volgt: productiecapaciteit, productieplanning, productiedoel, productieverwachting en realisatie. Deze termen zijn belangrijk om van elkaar te onderscheiden op de manier die te zien is in Figuur 17. Figuur 17 is een eigen interpretatie van Figuur 9 uit hoofdstuk 3 waarmee de OEE gespecificeerd wordt.

Totale (nominale) productiecapaciteit Theoretische maximale productiviteit		Cycle time
Productieplanning Voor bestelling van halffabricaten per 24 uur	Wisseltijd halffabricaten en ombouwen	+frequente handelingen +ombouwen
Productiedoel Doel per machine per order per 8 uur	Vervachte verliezen	+vervachte verliezen
Realisatie Daadwerkelijke productie	Onvervachte verliezen	+onvervachte verliezen
Productieverwachting Behouden schatting voor vulkanisatie	Worst case scenario	+alle mogelijke verliezen

Figuur 17: Tabel van gewenste definities

De gewenste definitie **productiecapaciteit** komt overeen met de huidige definitie. De nominale capaciteit wordt bedoeld met de productiecapaciteit. Deze capaciteit wordt bepaald op basis van de best mogelijke cyclustijd zonder rekening te houden met stagnatiefactoren. Deze definitie wordt gebruikt voor het capaciteitsplan en voor strategische beslissingen.

De **productieplanning** wordt in de gewenste situatie gebruikt voor de bestelling van halffabricaten. Halffabricaten worden 24 uur voordat ze nodig zijn besteld. In deze bestelling wordt een marge van twee uur meegerekend. Deze marge houdt in dat de productie in 24 uur twee uur mag inlopen op de planning. Wanneer de planning meer dan twee uur inloopt zullen halffabricaten niet aanwezig zijn waardoor de productie stil kan komen te liggen. Daarom moet de productieplanning optimistisch zijn en alleen verliezen meenemen die iedere dienst van toepassing zijn. Dit zijn frequente handelingen als het wisselen van halffabricaten en het ombouwen en afstellen. De wisseling van halffabricaten heeft invloed op de normtijd per band terwijl het ombouwen en afstellen als een geplande stop moet worden gezien. De productieplanning moet een weerspiegeling van de realiteit zijn indien er geen onverwachte verliezen optreden.

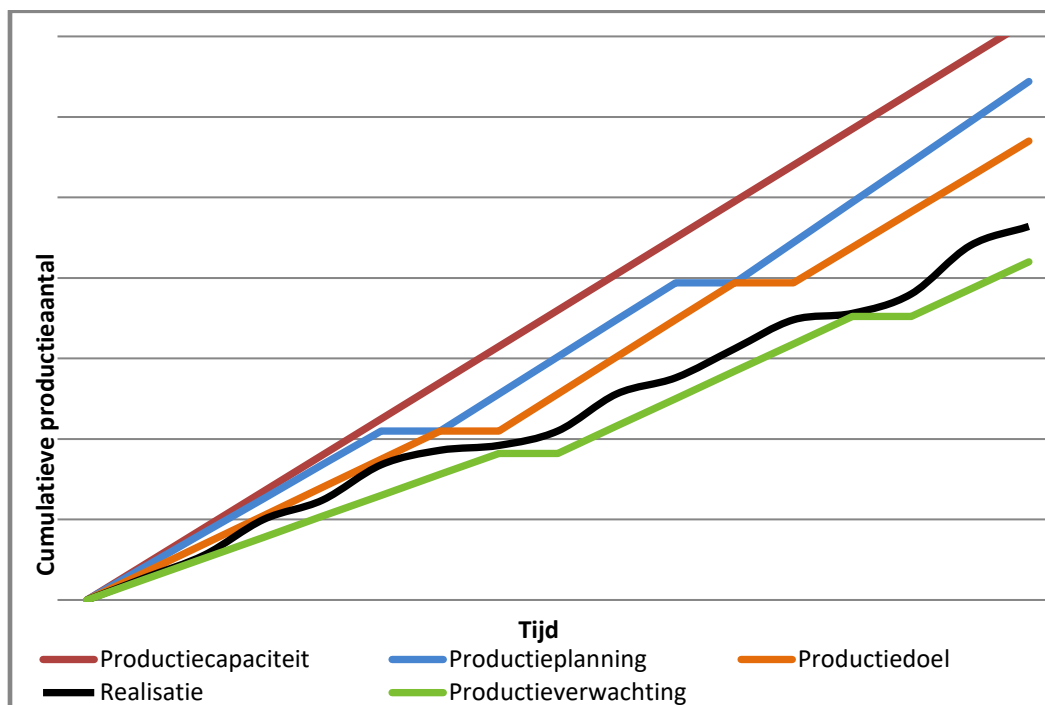
Het **productiedoel** moet voor een operator een haalbaar doel zijn voor zijn dienst. Het doel moet duidelijk zijn voor een operator en haalbaar zijn voor de specifieke machine en order gedurende de dienst. Gedurende iedere dienst zijn er altijd een aantal verstoringen waardoor de optimistische productieplanning niet gehaald wordt. Daarom moet het productiedoel wel rekening houden met deze verstoringen. Er wordt daarom rekening gehouden met een bepaald percentage aan verliezen en de frequente handelingen waar de productieplanning ook rekening mee houdt. Dit doel moet nauwkeurig zijn voor de 8 uur durende dienst van een operator. Aan het begin van iedere dienst wordt het productiedoel opnieuw berekend zodat deze haalbaar is voor de operator.

De **realisatie** is de daadwerkelijke productie van de fabriek. Dit houdt in dat er geen rekening meer wordt gehouden met de normtijden of verwachte storingen maar de daadwerkelijke verliezen. De daadwerkelijke verliezen zijn bijna altijd meer dan er verwacht wordt met het productiedoel omdat er gedurende productie altijd onverwachte storingen optreden.

Een reële **productieverwachting** is belangrijk voor een inschatting van de productie voor de vulkanisatie. Op basis van deze inschatting kan bepaald worden wanneer de eerste greentires van order verwacht kunnen worden in de vulkanisatie. Idealiter zou de verwachte starttijd van een order zo nauwkeurig mogelijk bepaald moeten worden om zo beter in te kunnen schatten wanneer een order ingepland moet worden. Om ervoor te zorgen dat de vulkanisatie altijd voorzien is van greentires zal de productieverwachting pessimistisch moeten zijn en rekening houden met een percentage van alle mogelijke negatieve invloeden. Sommige invloeden komen namelijk maar zelden voor maar hebben een zeer grote invloed op productie. Wanneer een machine voor één specifiek halffabricaat kapotgaat dan zal de hele fabriek stil komen te liggen echter komt dit maar zelden voor.

Visualisatie van definities

De lijnen in de grafiek in Figuur 18 behoeven de volgende uitleg. De verschillende lijnen visualiseren de verschillende definities binnen de productie. Zoals te zien is wordt er twee keer gewisseld van specificatie, dit gebeurt wanneer er een bepaalde hoeveelheid producten geproduceerd is en de halffabricaten voor de order op zijn.



Figuur 18: Visualisatie van definities

Productiecapaciteit is een rechte lijn want dit is de maximale productiviteit die gehaald kan worden. Deze capaciteit kan alleen beïnvloed worden door de machine sneller te maken.

Productieplanning is een lijn die enkel in helling verandert wanneer er van specificatie van band wordt gewisseld. Een verschillende specificatie zal een verschillende productiesnelheid hebben dus een andere helling van de grafiek. Tevens wordt het ombouwen tussen specificaties meegerekend door middel van een normtijd hiervoor.

Productiedoel is een lijn die ambitieuzer is dan de realisatie omdat het een doel is. De lijn neemt mee dat de machine niet produceert wanneer er gewisseld wordt van specificatie. Ook wordt deels de productienorm zo gesteld dat deze ambitieus maar haalbaar is. De helling van de grafiek gedurende productie is constant omdat het doel een bepaalde productienorm is per specificatie.

De realisatie is dat wat er daadwerkelijk geproduceerd wordt. Het verschil tussen realisatie en productieplanning is te verklaren door een aantal factoren die duidelijk zichtbaar zijn en factoren die de prestatie beïnvloeden die niet zichtbaar zijn. Het verloop van de lijn van de realisatie zal niet recht lopen omdat de productie nooit lineair is en altijd snelle en langzame periodes heeft.

Productieverwachting is dat wat men in een negatief scenario verwacht te produceren. Alle factoren die invloed hebben op de productie worden meegenomen. Deze 'negatieve' verwachting wordt gebruikt om stilstanden in de vulkanisatie te voorkomen. Alle factoren die mogelijk invloed kunnen hebben worden meegenomen in de productieverwachting. Het kan dus voorkomen dat de daadwerkelijke productie hoger uitvalt dan de verwachting.

Keuze voor het beste alternatief

Van de 3 alternatieven voor het rendement uit paragraaf 5.4 is alternatief 2 het beste gebleken. Dit is dan ook het alternatief waar voor gekozen wordt in de implementatie. Alternatief 2 is namelijk een alternatief wat in eerste instantie de minste tegenstand zal hebben binnen Apollo Vredestein volgens de stakeholders en dus het makkelijkst doorgevoerd kan worden om draagvlak te creëren voor een verandering. Wanneer alternatief 2 is doorgevoerd kan er verder gekeken worden naar het rendement en kan de streefwaarde voor het rendement nog optimaler afgesteld worden.

6.3. Voorbereiding

In deze paragraaf wordt beschreven hoe er draagvlak gecreëerd moet worden door stakeholders te laten zien waarom de verandering belangrijk is. Verder wordt behandeld hoe er gecommuniceerd moet worden met de verschillende stakeholders.

Haalbaar doel

Om draagvlak te creëren moeten stakeholders inzien waarom de verandering belangrijk is. De verandering zal een haalbaar doel stellen voor de werknemers wat motivatie zal verhogen volgens de verwachtingstheorie van Vroom (Vroom, 1964). Wanneer de werknemer gaat inzien dat een haalbaar doel mogelijk is zal dit een positieve houding tegenover de verandering creëren en helpen bij de implementatie.

Volgens de verwachtingstheorie van Vroom (Vroom, 1964) is er een verband tussen het leveren van inspanning en het behalen van voldoening. Inspanning is aan voldoening gekoppeld door middel van

prestatie en resultaat. Alle koppelingen in de ketting moeten behaald worden om voldoening te behalen.

Inspanning → Prestatie → Resultaat → Voldoening

De eerste pijl beschrijft de ‘verwachting’ en karakteriseert de correlatie tussen inspanning en prestatie: het individu moet erin geloven dat zijn inspanning zal leiden tot de gewenste prestatie. Is het individu überhaupt in staat de prestatie te leveren? Als het individu niet in staat is om de prestatie te leveren dan zal het individu niet gemotiveerd zijn om de prestatie te leveren. Pijl nummer twee beschrijft de relatie tussen de prestatie en het resultaat. Het individu moet van mening zijn dat de prestatie tot het gewenste resultaat zal leiden. Het resultaat kan een beloning zijn de vorm van geld of een promotie maar ook een schouderklopje kan voldoende zijn. De laatste pijl garandeert dat het individu voldoening haalt uit het resultaat wat behaald wordt. Als het individu een schouderklopje in plaats van geld op prijs stelt dan kan een schouderklopje al genoeg zijn om het individu te motiveren om zich in te spannen (Hamington, 2010).

Om de werknemers te motiveren moet de hele keten verbonden worden van inspanning tot voldoening. Het begint allemaal met het vaststellen van een haalbaar doel. De operator van de bouwmachine moet er van overtuigd zijn dat het doel haalbaar is op het moment dat hij zich inspant. Daarna moet er een gepaste beloning gekozen worden die door operators gewaardeerd wordt. Het stellen van een haalbaar doel is de eerste stap in het proces om een operator te motiveren zich in te spannen.

Momenteel zijn er globale OEE-doelen per machine om de prestatie te kunnen beoordelen. Deze doelen zijn echter niet specifiek per machine en er hangt geen beloning aan het halen van het OEE-doel. Verder zijn er doelen voor bepaalde verliezen echter kan de operator hier geen invloed op uitoefenen.

Om een operator te motiveren moet het bouwplan realistisch zijn zodat een operator de mogelijkheid ziet om het bouwplan te volgen. Daarnaast moet de operator een ‘beloning’ krijgen waar de operator waarde aan hecht. Het bouwplan is volgens de verwachtingstheorie van Vroom geen goede verwachting omdat het onderhevig is aan verandering waar de operator geen invloed op heeft. Dus een operator kan zich inspannen maar gehinderd worden in het realiseren van een prestatie door factoren waar hij geen invloed op heeft.

Communicatie van de implementatie

Het is belangrijk dat stakeholders op de hoogte zijn van de verandering en de voortgang er van. Dit houdt stakeholders gemotiveerd om de verandering door te voeren. De stakeholders uit paragraaf 1.3 moeten ieder op een verschillende manier op de hoogte gehouden worden.

De operator van de bouwmachine is uiteindelijk diegene die met de oplossing te maken zal krijgen. De operator zal een haalbaar doel krijgen dat in de gewenste situatie zal zorgen voor een beter gemotiveerde operator die zich inspant om zijn doel te halen. Communicatie naar operators zal het makkelijkst gaan via de coördinator van de operators omdat deze de ploeg van operators aanstuurt en

alle operators spreekt. De coördinator staat dichtbij de operators en is daarom erg belangrijk om als positieve kracht achter de implementatie te hebben staan. De coördinator kan operators namelijk goed motiveren om het doel te halen door de operators bijvoorbeeld een schouder klopje te geven als het doel gehaald wordt. Als de coördinator op de hoogte wordt gehouden van de voortgang dan zal hij dit doorspelen naar de operators en duidelijk maken naar de operators als er iets verandert in de planning.

De afdeling Industrial Engineering is een drijvende kracht achter de verandering omdat deze afdeling verantwoordelijk is voor de bepaling voor het vastgestelde rendement waardoor het bouwplan aangepast kan worden. Deze afdeling zal het rendement bepalen en up-to-date te houden.

Verder is het belangrijk om de afdeling planning op de hoogte te houden en mee te nemen in de implementatie omdat deze afdeling met de wijziging het nieuwe bouwplan zal moeten gaan opstellen. Dus als de planning niet met de verandering akkoord gaat dan zal de verandering niet doorgevoerd worden. Tevens weet de planning goed wat er allemaal aan de hand is in de fabriek omdat alle afdelingen in contact staan met de planner.

Verder moet er met de IT afdeling gecommuniceerd worden over de mogelijkheden om de verandering door te voeren in het productie en informatiesysteem PIBS. Wanneer er ontwikkelingen zijn met betrekking tot de implementatie in het systeem zal de IT afdeling op de hoogte moeten worden gehouden.

Om een positieve mening tegenover de verandering te verzekeren moeten alle Business Team Managers achter de verandering staan omdat de managers veel invloed hebben op de opinie tegenover een verandering. Deze managers kunnen weerstand voorkomen bij de werknemers.

6.4.Ontwerp

In deze paragraaf wordt een voorstel voor het ontwerp voor de implementatie gegeven. Ook wordt er beschreven bij welke stakeholders om input gevraagd kan worden voor het ontwerp.

Visuele implementatie

Om het haalbare doel duidelijk te maken moet de verandering van het rendement in het bouwplan visueel gemaakt worden. Het huidige bouwplan is namelijk niet transparant in het weergeven van starttijden van orders. De huidige afbeelding van de planning (Figuur 19) heeft alle orders onder elkaar staan en welk deel van de order in welke dienst geproduceerd dient te worden. 'd0, d1, d2, d3, d4 en d5' staat voor de dienst die bedoeld wordt. Zo zal order 8894 in dienst één 136 banden produceren en in dienst 1 de overige 90 banden produceren. Dit bouwplan wordt iedere 8 uur bijgewerkt met de voortgang. Dit geeft echter weinig informatie over het naleven van de planning en of de productie zich onder of boven de planning bevindt. Pas als na 8 uur de planning opnieuw wordt gepland ziet men in hoeverre de planning is nageleefd. Achter iedere order staat de status van de order, dit kan rest(RST), gereed(GRD), in productie(PRD) of halffabricaten besteld(BST) zijn. Hieraan kan een operator zien wat de status is van een order en kan dit aanpassen in het geval dat bijvoorbeeld halffabricaten geleverd worden.

JCORN1332575	180	APBM PLAN	22/01/19	13:32	Blad 1				
		Datum 22/01/19	Dienst 2						
		-----bouwplan-----							
Mach	Ord Maat	Tk	d0	d1	d2	d3	d4	d5	Status
86	8606	+	.	.	108	.	.	.	HNDU
	8607	+	.	.	26	.	.	.	HNDU
88	8801	+	218	.	.	.	.	.	RST
	8894		136	90	.	.	.	.	BST
	8895	+	.	219	25	.	.	.	BST
	8802	+	.	.	242	.	.	.	BST
	8803	+	.	.	44	200	.	.	
	8804	+	.	.	.	127	117	.	
	8805	+	.	.	.	.	213	31	
	8806	+	.	.	.	.	.	244	
	8807	+	.	.	.	.	.	79	
	8808	+	.	.	.	.	.	.	
	8809	+	.	.	.	.	.	.	

Figuur 19: Bouwplan

In de gewenste situatie zou de layout van de quadruplex³ planning gebruikt moeten worden als uitgangssituatie(Figuur 20). Hier staan alle orders onder elkaar met daarbij ordergrootte en ordernummer. Daarnaast staat bij iedere order welke vorm voor extrusie er gebruikt moet worden en welke soorten rubber er voor extrusie gebruikt moeten te worden. Uiteindelijk staat er bij iedere order hoe lang de machine bezig is met de order en hoe lang de wisseltijd tussen de verschillende orders is. Dit samen bepaald hoe laat een order start en hoe laat de volgende order gepland staat om te starten. Verder worden er hele regels voor orders gereserveerd voor bepaalde taken als 'koeltrein' die tussen bepaalde orders door moeten.

PP422	PLANNING		Quadruplex		Datum: 7/01/19		Dienst: 3		Datum 7/01/19		Blad 1	
					Datum: 7/01/19		Dienst: 3		17:19			
Nr	Artikelcode	Ord	Ant	Die	/pre	Mg1/mg2/mg3/mg4	Spu	Wis	*-Gepland-*	Verpak		
							min	min	Datum	Tijd	middel	
1	**** START ****											7/01 16:30
2	* EXTR LEGEN *											
3	LV372	6653					15	U 22	7/01	17:07	HSP75	
4	LV372	174					15		7/01	17:22	HSP75	
5	LV375	5679					13	2	7/01	17:37	HSP75	
6	LV411	3765					15	3	7/01	17:55	HSP75	
7	* KOELTREIN *											
8	## EXTRA M-stuk	-1										
9	LV301	7684					6	22	7/01	18:23	HSP75	
10	LV301	9209					17		7/01	18:40	HSP75	
11	LV301	9210					19		7/01	18:59	HSP75	
12	LV301	4915					15		7/01	19:14	HSP75	
13	LV301	171					15		7/01	19:29	HSP75	

Figuur 20: Planning Quadruplex

Dit voorbeeld (Figuur 20) kan ook toegepast worden op het gewenste bouwplan(Error! Reference source not found.). De artikelcode, het ordernummer en de ordergrootte kunnen ook gebruikt worden voor de bouwplanning. Verder kunnen er voor iedere order de ring en centerdeck set gespecificeerd

³ De quadruplex is een extrusie machine

worden zodat men in de productieplanning kan zien welke ringen en centerdecks er gebruikt worden en welke ringen en centerdecks nodig zijn bij de volgende order. Productietijd en wissel/ombouwtijd dienen ook mee te worden genomen om een realistische geplande starttijd weer te kunnen geven. Verder zou er een extra regel toegevoegd kunnen worden waarin de geplande levertijd van het meest kritieke halffabricaat wordt weergegeven. Door deze indicatie kan men zien of de productie op tijd kan starten met betrekking tot de halffabricaten. Door de zwarte streep in de planning worden orders verdeeld over 2 diensten wanneer er een ploegwissel plaatsvindt gedurende de order.

Om de prestatie per machine verder duidelijk te krijgen kan er een OEE-dashboard toegevoegd worden per machine waar beschikbaarheidsdoelen, prestatiedoelen en kwaliteitsdoelen real time worden bijgehouden om zo extra transparant te maken of de machine boven- of ondermaats produceert. Voor OEE-dashboards zijn veel kant en klare templates beschikbaar die geïmplementeerd kunnen worden.

Om een OEE-dashboard mogelijk te maken is het belangrijk dat het bouwplan real time wordt en constant up to date wordt gehouden. Daarom zal het ontwikkelen en implementeren van een dashboard veel geld en tijd kosten. Het is aan Apollo Vredestein zelf om te bepalen of dit de moeite waard is.

6.5.Implementeren

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de implementatie gecontroleerd moet worden. Verder wordt er beschreven hoe de oplossing up-to-date gehouden kan worden.

Gedurende de implementatie zal het bouwplan veranderen en dichterbij de realiteit komen. Er moet goed gecommuniceerd worden wanneer de rendement factor aangepast wordt zodat men niet raar op kijkt als de verwachting van de productie ineens anders is. Verder moet er gecontroleerd worden in hoeverre operators wat merken van de verandering en wat de operators van de nieuwe interface van het bouwplan vinden.

De verandering wordt pas duurzaam als het rendement na implementatie up-to-date wordt gehouden indien er dingen veranderen in de fabriek wat invloed heeft op de planning. Daarom moet de rendement factor up-to-date worden gehouden en regelmatig met nieuwe data opnieuw berekend worden.

7. Conclusies, discussie en aanbevelingen

Dit hoofdstuk geeft in paragraaf 7.1 de conclusies van mijn onderzoek. Paragraaf 7.2 geeft de discussie en tot slot geven we in paragraaf 7.3 de aanbevelingen.

7.1. Conclusies

In deze conclusie geven we antwoord op de hoofdvraag: “Op welke manier kunnen verliezen in de productie worden meegenomen in de berekening voor het rendement voor een verbetering van het bouwplan van de personenwagenbanden bij Apollo Vredestein B.V?”

De huidige parameters waar de planning op gebaseerd is zijn de productienorm per band en het rendement per machine. Deze twee parameters beïnvloeden het bouwplan direct. Momenteel wordt er in het bouwplan geen rekening gehouden met verliezen die gedurende productie kunnen optreden. Dit zorgt er voor dat het bouwplan nooit overeenkomt met de realiteit. Een manier om dit te verhelpen is door het rendement aan te passen.

Uit de data-analyse blijkt dat het gemiddelde rendement een waarde van $x\%$ heeft terwijl de streefwaarde voor het rendement $x\%$ waar het bouwplan op gebaseerd is. Hier ontstaat de discrepantie tussen het bouwplan en realisatie. Uit verdere analyse blijkt dat de waarden van de verliezen verdeeld zijn volgens een gamma-verdeling. Door middel van een statistische verdeling zoals de gamma-verdeling kunnen de parameters voor een cumulatieve distributiefunctie berekend worden. Zo kan de cumulatieve distributiefunctie de waarschijnlijkheid bepalen dat een willekeurige dienst een rendement heeft hoger of gelijk aan een bepaalde waarde.

Uit de data blijkt dat het gemiddelde verlies van de halfautomaten hoger is dan van de automaten. Dit betekent dat streefwaarde voor het rendement bij de halfautomaten lager moet zijn dan bij de automaten. Ook verschilt de spreiding van het verlies per machine erg. Dit betekent dat het verwachte rendement ook meer spreiding waardoor er met minder zekerheid een streefwaarde voor het rendement gekozen kan worden. Doordat de spreiding hoger is moet het rendement hoger zijn om onzekerheid op te vangen.

De test van de alternatieven in het model bevestigt de verwachting dat alternatief 2 het beste alternatief is. Alternatief 2 gebruikt een streefwaarde voor het rendement van $x\%$ waarbij $x\%$ van diensten eerder klaar zijn dan gepland en dit komt overeen met de realiteit. Dit alternatief zal maar $x\%$ van diensten problemen opleveren met de halffabricaten. Dit risico is acceptabel volgens de stakeholders.

Het is belangrijk dat de streefwaarde voor het rendement wordt aangepast naar de bepaalde waarde van $x\%$ en dat alle stakeholders hiervan op de hoogte zijn. In de implementatie is het belangrijk dat er draagvlak gecreëerd wordt door medewerkers de relevantie van een haalbaar doel in te laten zien. Daarnaast moet de verandering zichtbaar zijn zodat medewerkers zien dat er wat veranderd en een haalbaarder doel zien. De verandering moet gewaarborgd worden door de berekening van het rendement up-to-date te houden en regelmatig opnieuw te berekenen met nieuwe data.

7.2.Discussie

In het huidige onderzoek op basis van de data van het verlies een statistische verdeling bepaald die past bij de data. Echter kan er ook een empirische verdeling gebruikt worden op basis van de daadwerkelijke data. Dit zou betekenen dat er geen moeilijke statistische verdeling gebruikt hoeft te worden en dat iedere werknemer van Apollo Vredestein begrijpt hoe de berekening gedaan kan worden.

De machines 82, 84 en 86 zijn recent stop gezet wat betekent dat de totale productie van de fabriek minder is geworden. Dit houdt in dat er minder vraag is naar halffabricaten aan de voorfabriek. Doordat de capaciteit van de voorfabriek hetzelfde blijft maar aan minder vraag hoeft te voldoen zullen de halffabricaten vaker op tijd zijn en zullen de bouwmachines minder stop staan op geen materiaal. Geen materiaal is niet meegenomen in de berekening van het rendement omdat dit geen storing is die veroorzaakt wordt door de machine zelf. Het kan zijn dat in het verleden sommige storingen optraden gedurende de tijd dat er geen materiaal was waardoor deze storingen niet geboekt zijn en dus niet meegenomen zijn in de berekening van het rendement. Verder zal er nieuwe data vergaard moeten worden van de huidige situatie zonder machine 82, 84 en 86 om hier een valide oordeel over te kunnen geven.

7.3.Aanbevelingen

Tijdens het onderzoek is de streefwaarde bepaald aan de hand van het verlies wat per dienst optreedt. Van het verlies is een verwachting gemaakt door middel van een statistische verdeling om daarna deze waarde om te rekenen naar een streefwaarde voor het rendement. In een volgend onderzoek zou het rendement direct per dienst bepaald kunnen worden zodat er zonder tussenstap een verwachting voor het rendement gemaakt kan worden.

Om de berekening van de streefwaarde voor het rendement nogmaals uit te voeren wanneer er genoeg data is van de periode waarin machine 82, 84 en 86 stil hebben gestaan. Geen materiaal is namelijk een fors kleinere stagnatiepost geworden wat invloed heeft op het rendement.

Verder is het belangrijk dat alle normen van de bouwmachines in dezelfde notatie moeten worden weergegeven. Momenteel worden veel verschillende notaties gebruikt om de productienorm van een band aan te geven. Dit kan namelijk een aantal banden per dienst zijn, aantal seconden per band of het aantal banden per minuut. Hierdoor zijn de gegeven productienormen moeilijk te vergelijken. Door de notatie van het aantal seconden per band te gebruiken als richtlijn kan er altijd makkelijk gerefereerd worden naar cyclustijd. Zo kan de cyclustijd van verschillende processen in de fabriek makkelijk vergeleken worden en is men alerter op waar tijd verloren gaat.

Verder is het belangrijk dat de planning real time wordt. Dit houdt in dat de planning constant up-to-date is van wat er tot op dat moment geproduceerd is zodat de planner de voortgang van de productie kan inzien en op basis hiervan keuzes kan maken. Dit betekent dat gedurende de hele dag er wijzigingen in het bouwplan kunnen worden doorgevoerd in plaats van één keer per acht uur.

Een real time planning biedt ook mogelijkheden om een OEE dashboard te implementeren bij iedere machine. Hierop worden verliezen visueel gemaakt en ziet de operator zelf welke verliezen significant zijn gedurende zijn dienst. Er zijn veel kant en klare OEE dashboard beschikbaar die direct geïmplementeerd kunnen worden.

Verder bevelen we verder onderzoek aan op basis van dit onderzoek. Dit zal betrekking hebben tot drie onderwerpen namelijk: de relatie tussen motivatie en verwachting van operators, betrouwbaarheid van levering van halffabricaten en de afstemming van het bouwplan op de vulkanisatie.

Er moet duidelijkheid komen over wat een operator een haalbaar doel vindt en voor welke 'beloning' de operator bereidt is om zich in te spannen. Misschien waardeert de operator het enorm als hij 10 minuten extra pauze krijgt als hij zich extra inspant en meer productie draait. Momenteel is hier weinig inzicht in.

Verder kan de bouwplanning maar tot op bepaalde hoogte worden geoptimaliseerd wanneer er geen zekerheid is over de levering van halffabricaten. Er zit namelijk onzekerheid in de productie van de halffabricaten zoals dit bij de bouw van greentires ook het geval is.

Verder is onderzoek naar de vulkanisatievraag ook belangrijk. Momenteel is de daadwerkelijke vulkanisatievraag ook niet altijd duidelijk omdat verliezen ook niet worden meegenomen in het vulkanisatieplan. Doordat het vulkanisatieplan ook onnauwkeurig kan het bouwplan wel nauwkeuriger worden maar dan zal dit niet het gewenste effect opleveren voor de gehele fabriek.

8. Bibliografie

Apollo Vredestein B.V. (2015). *The Unofficial Global Manufacturing Trainee Survival Book*. Enschede.

Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2008). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to asses systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 8-29.

Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2008). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line(OEEML): An integrated approach to asses systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 10.

Brook, Q. (2010). *Lean Six Sigma and Minitab (3rd Edition)*. Opex Resources Ltd.

De Carlo, F., Arleo, M., & Tucci, M. (2014). OEE Evaluation of a Paced Assembly Line Through Different Calculation and Simulation Methods: A Case Study in the Pharmaceutical Environment. *International Journal of Engineering Business Management*, 6(1), 1-11.

De Commissie van de Europese Gemeenschappen. (2000). *BESLUIT Nr. 284/2000/EGKS VAN DE COMMISSIE*. Brussel: Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen.

De Ron, A., & Rooda, J. (2005). Equipment effectiveness: OEE revisited. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 18(1), 190-196.

De Ron, A., & Rooda, J. (2006). OEE and equipment effectiveness: An evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987-5003.

Gibbons, P., & Burgess, S. (2010). Introducing OEE as a measure of lean six sigma capability. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 134-156.

Hamington, M. (2010). The Will to Care: Performance, Expectation, and Imagination. *Hypatia vol. 25, no. 3*, 675-695.

Heerkens, H., & Winden, A. v. (2012). *Geen Probleem*. Business School Nederland.

Hwang, G., Lee, J., Park, J., & Chang, T.-W. (2017). Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2590-2602.

Jebaraj Benjamin, S., Murugaiah, U., & Srikamaladevi Marathamuthu, M. (2013). The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. *Journal of Manufacturing Technology*, 24(5), 792-807.

Mendelow, A. (1991). *Stakeholder mapping*. Cambridge, MA: Proceedings of the 2nd International Conference on Information Systems.

- Minitab. (2017). *Using the cumulative distribution function (CDF)*. Opgeroepen op 2019, van Minitab: <https://support.minitab.com/en-us/minitab-express/1/help-and-how-to/basic-statistics/probability-distributions/supporting-topics/basics/using-the-cumulative-distribution-function-cdf/>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance(TPM)*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Theisens, i. (2016). *Lean Six Sigma Green Belt*. Amstelveen: LSSA BV.
- Vroom, V. H. (1964). *Work and Motivation*. Oxford, England: Wiley.
- Webster, J., & Watson, R. (2002). ANALYZING THE PAST TO PREPARE FOR THE FUTURE: WRITING A LITERATURE REVIEW. *MIS Quarterly Vol. 26 No. 2*.
- Zammori, F., Braglia, M., & Frosolini, M. (2011). Stochastic overall equipment effectiveness. *Internation Journal of Production Research, 49(21)*, 6469-6490.

9. Bijlagen

9.1.Bijlage: TPM Codes

TPM Code	OEE Groep	Omschrijving
1	b	Gepland stil (geen vraag)
2	c	Ongepland stil (overig)
3	c	Calamiteiten (overmacht)
4	b	Gepland stil (proeven)
6	b	Gepland stil (PIPO)
7	b	Gepland stil (pauze)
8	c	Technische storing
9	c	Materiaal storing
10	c	Geen materiaal
11	c	Geen opslagmiddelen
12	c	Onvoldoende bezetting
13	c	Materiaal wissel
16	c	Ombouw/afstellen
17	c	Housekeeping
18	c	Vervanging tooling
19	c	Opstarten/uitdraaien
20	c	Logistiek
21	c	Metingen/aanpassingen
22	c	Uitloop PIPO/Proef
23	c	Korte stops
99	i	Prestatie verlies

9.2.Bijlage: Stagnatie Codes

9.3. Bijlage: Statistieken Machine 98

9.4. Bijlage: Goodness of Fit Test

82			84			86			88			92		
Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P
Normal	8,522	<0,005	Normal	4,673	<0,005	Normal	10,147	<0,005	Normal	2,900	<0,005	Normal	7,990	<0,005
Lognormal	1,066	0,008	Lognormal	0,833	0,032	Lognormal	1,157	0,005	Lognormal	2,260	<0,005	Lognormal	1,576	<0,005
Exponential	83,221	<0,003	Exponential	98,778	<0,003	Exponential	113,119	<0,003	Exponential	182,819	<0,003	Exponential	137,276	<0,003
Weibull	6,119	<0,010	Weibull	4,072	<0,010	Weibull	8,327	<0,010	Weibull	5,842	<0,010	Weibull	7,334	<0,010
Gamma	1,982	<0,005	Gamma	0,879	0,025	Gamma	2,808	<0,005	Gamma	0,811	0,038	Gamma	1,056	0,009
Logistic	6,377	<0,005	Logistic	3,964	<0,005	Logistic	7,756	<0,005	Logistic	1,321	<0,005	Logistic	3,914	<0,005
Loglogistic	0,982	0,006	Loglogistic	0,872	0,014	Loglogistic	1,625	<0,005	Loglogistic	1,383	<0,005	Loglogistic	0,382	>0,250
94			96			98			102			200		
Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P
Normal	1,007	0,012	Normal	1,248	<0,005	Normal	3,583	<0,005	Normal	4,904	<0,005	Normal	13,970	<0,005
Lognormal	9,284	<0,005	Lognormal	11,718	<0,005	Lognormal	0,886	0,023	Lognormal	2,100	<0,005	Lognormal	0,812	0,036
Exponential	103,903	<0,003	Exponential	114,836	<0,003	Exponential	169,970	<0,003	Exponential	128,041	<0,003	Exponential	58,393	<0,003
Weibull	0,373	>0,250	Weibull	1,387	<0,010	Weibull	5,725	<0,010	Weibull	4,918	<0,010	Weibull	8,052	<0,010
Gamma	3,078	<0,005	Gamma	4,204	<0,005	Gamma	0,372	>0,250	Gamma	0,619	0,114	Gamma	3,081	<0,005
Logistic	1,144	<0,005	Logistic	0,702	0,040	Logistic	2,480	<0,005	Logistic	2,373	<0,005	Logistic	8,069	<0,005
Loglogistic	4,601	<0,005	Loglogistic	4,297	<0,005	Loglogistic	0,626	0,067	Loglogistic	0,780	0,024	Loglogistic	0,484	0,186
300			400			500			600			700		
Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test			Goodness of Fit Test		
Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P	Distribution	AD	P
Normal	14,926	<0,005	Normal	17,521	<0,005	Normal	10,538	<0,005	Normal	16,641	<0,005	Normal	20,180	<0,005
Lognormal	2,027	<0,005	Lognormal	3,498	<0,005	Lognormal	8,477	<0,005	Lognormal	8,926	<0,005	Lognormal	4,112	<0,005
Exponential	73,172	<0,003	Exponential	118,354	<0,003	Exponential	87,734	<0,003	Exponential	68,456	<0,003	Exponential	117,322	<0,003
Weibull	5,292	<0,010	Weibull	11,064	<0,010	Weibull	3,803	<0,010	Weibull	4,966	<0,010	Weibull	12,838	<0,010
Gamma	1,176	<0,005	Gamma	2,760	<0,005	Gamma	2,134	<0,005	Gamma	2,438	<0,005	Gamma	4,348	<0,005
Logistic	7,549	<0,005	Logistic	6,920	<0,005	Logistic	4,734	<0,005	Logistic	6,684	<0,005	Logistic	9,826	<0,005
Loglogistic	0,835	0,018	Loglogistic	0,714	0,037	Loglogistic	3,165	<0,005	Loglogistic	2,948	<0,005	Loglogistic	0,879	0,013

9.5.Bijlage: Alternatieven Rendement