



UNIVERSITEIT TWENTE.

Afstudeerscriptie

Het reduceren van afsteltijd



OPENBAAR



Het reduceren van afsteltijd ten gevolge van ombouwen

In deze openbare versie van het afstudeerrapport is de vertrouwelijke informatie verwijderd en / of vermenigvuldigd met een willekeurige factor.

Auteur

Tom Weustink
S1726587
Bachelor Technische Bedrijfskunde

Universiteit Twente

Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede
(053) 4899 9111
www.utwente.nl

Begeleiding Universiteit Twente

Hans Heerkens (1^e begeleider)
Peter schuur (2^e begeleider)

Apollo Vredestein

Ingenieur Schiffstraat 370
7547 RD Enschede
(053) 488 8888
www.apollovredestein.com

Begeleiding Apollo Vredestein

Edwin van der Avoird

Enschede, 11 september 2018

Versie:

Eindrapport

VOORWOORD

Voor u ligt de scriptie 'het reduceren van afsteltijd ten gevolge van ombouwen'. Het onderzoek in deze scriptie gaat over het reduceren van afsteltijd na ombouwen van de bouwmachines en is geschreven in het kader van het afronden van de bachelor technische bedrijfskunde aan de universiteit Twente. Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van Apollo Vredestein B.V. en heeft plaatsgevonden in de periode van februari 2018 tot en met juli 2018.

Ik heb met veel plezier gewerkt aan mijn afstudeeropdracht, waarbij ik veel nieuwe kennis en vaardigheden heb opgedaan op zowel inhoudelijk- als persoonlijk vlak. Daarvoor wil ik mijn afstudeerbegeleider bij Apollo Vredestein, Edwin van der Avoird, bedanken voor de mogelijkheid van het uitvoeren van de opdracht. Ondanks zijn drukke agenda, was het altijd even mogelijk om te overleggen en nieuwe inzichten te krijgen die mij verder hielpen in het onderzoeks- en ontwikkelingsproces. Daarnaast wil ik alle andere werknemers op de afdeling procesindustrialisatie, Industrial engineering en de operators bedanken voor de bijdrage die zij hebben geleverd om tot dit resultaat te komen.

Verder wil ik Hans Heerkens en Peter Schuur bedanken, mijn afstudeerbegeleider en tweede meelezer van de universiteit Twente, voor de goede begeleiding en waardevolle feedback die zij hebben gegeven.

Tom Weustink

Enschede, 11 september 2018

MANAGEMENTSAMENVATTING

In deze openbare versie van het afstudeerrapport is de vertrouwelijke informatie verwijderd en/ of vermenigvuldigd met een willekeurige factor.

In opdracht van Apollo Vredestein B.V. is er onderzoek gedaan naar het afstellen ten gevolge van ombouwen van de bouwmachines 'maxxen'. Deze bouwmachines staan op de afdeling waar de halffabricaten worden samengevoegd tot greentires (een ongevulkaniseerde autoband). De bouwmachines worden omgebouwd om een andere bandenspecificatie te produceren. Vervolgens wordt de bouwmachine afgesteld om een constant productieproces te bereiken en om greentires te produceren die voldoen aan de eisen. Op de afdeling Industrial engineering is er geconstateerd dat het afstellen ten gevolge van ombouwen te lang duurt en dat er veel variatie is in afsteltijd. Het doel van het onderzoek was om de factoren in kaart te brengen die invloed hebben op de variatie in afsteltijd na het ombouwen van de bouwmachines. Daarna zijn er door middel van deze situatieanalyse oplossingen gekozen om de variatie in afsteltijd te reduceren.

Bij Apollo Vredestein zijn er drie soorten bouwmachines: automaten, halfautomaten en maxxen (bouwmachine 98 en bouwmachine 102). De bouwmachines 'maxxen' stagneren het meeste door afstellen met gemiddeld XX procent op jaarbasis. De totale gemiste opbrengsten ten gevolge hiervan bedragen XX euro per jaar. Verder is de tijdsduur van het afstellen van de bouwmachines onvoorspelbaar. Het afstellen creëert frustratie bij de operators en de onvoorspelbaarheid heeft invloed op de planning.

Probleemaanpak

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van de DMAIC-probleemaanpak. Als eerste is er meer kennis verkregen over de verschillende definities van ombouwen en afstellen, waarmee de variabele afsteltijd meetbaar is gemaakt.

Vervolgens is er onderzoek op de werkvloer gedaan door de mens- en machinefactoren te onderzoeken. De menselijke factoren zijn onderzocht door de werkwijzen in afstellen van de operators te observeren en door interviews te houden met operators. De machinefactoren zijn onderzocht door de afstellingen die worden gedaan op de bouwmachine te onderzoeken door middel van productie- en machinedata. Hiermee zijn de knelpunten die het afstelproces beïnvloeden in kaart gebracht. Als laatste is er een experiment uitgevoerd op de bouwmachine om de beste manier van afstellen te bepalen.

Resultaten

Uit het onderzoek is gebleken dat er geen gestandaardiseerde werkwijze is voor het afstellen. Verder wordt afsteltijd in de huidige situatie gebaseerd op een schatting van de operators en niet op machinedata. Daardoor is de data die nu in het systeem staat niet betrouwbaar.

Ook is er gebleken dat er een machineverschil is tussen bouwmachine 98 en bouwmachine 102, zowel op mechanisch- als softwareniveau. Hetzelfde greentire recept wordt op twee verschillende bouwmachines gebruikt, waardoor er afgesteld moet worden om het recept te optimaliseren. Hiermee kunnen een constant productieproces en de gewenste kwaliteit bereikt worden.

Uit de analyse van machinedata is gebleken dat de meeste afstellingen worden gedaan bij het aanbrengen van het loopvlak. Daarom is er meer onderzoek gedaan naar dit specifieke proces van het afstellen. Hieruit is gebleken dat er op bouwmachine 98 meer wordt afgesteld dan op bouwmachine 102. Bouwmachine 98 heeft een probleem met het aanbrengen van het loopvlak, aangezien er gemiddeld met 7,93 millimeter naar beneden wordt afgesteld.

Het loopvlak kan worden afgesteld door middel van product- en Parameter B. Parameter A heeft betrekking tot de eigenschappen van een greentire. Een voorbeeld hiervan is de Parameter A 'loopvlaklengte'. Deze geeft aan hoeveel millimeter loopvlakmateriaal de bouwmachine moet afsnijden. De Parameter B zorgt ervoor dat het materiaal in- of uitgerekt wordt, om zo het begin- en eindpunt van het loopvlak beter aan te laten sluiten.

De auteur heeft een design of experiments (DOE) opgesteld en uitgevoerd op bouwmachine 102, waarmee de effecten van Parameter A en Parameter B zijn onderzocht. Op basis van het design of experiments is geconcludeerd dat het afstellen met Parameter A voor minder variatie zorgt op het loopvlak dan het afstellen

met Parameter B. Als Parameter A wordt gebruikt bij het afstellen, dan hoeft er minder te worden afgesteld. Omdat bouwmaschine 98 een loopvlakprobleem heeft, kan er niet worden aangenomen dat de resultaten van dit experiment ook van toepassing zijn op bouwmaschine 98.

Conclusie & aanbevelingen

Uit het onderzoek is gebleken dat er geen standaardwerkwijze is voor het afstellen van de bouwmachines. Dit zorgt voor veel variatie in afsteltijd. Daarom wordt er aangeraden om een standaardwerkwijze voor het afstellen te creëren om zo de variabiliteit in het proces te reduceren.

Verder is er in de huidige situatie geen inzicht in de afstellingen die worden gedaan op de bouwmaschine. Apollo Vredestein is een dynamisch bedrijf waarbij er dagelijks andere greentires worden gebouwd. Daarom is het van belang om snelle en complexe beslissingen te maken door middel van real-time data. Er wordt aanbevolen om een dashboard te creëren waarop de parameterwijzigingen van de bouwmachines worden getoond. Hierdoor kan de afdeling procesindustrialisatie (BT4) meer inzicht krijgen in de afstellingen die worden gedaan op de bouwmachines.

Daarnaast heeft bouwmaschine 98 een probleem betreffende het aanbrengen van loopvlakken en registreert deze machine verkeerde data in de productiedatabase. We raden aan de (in 4.2) beschreven stappen te nemen om het probleem op te lossen, zodat deze bouwmaschine loopvlakken aanbrengt die nauwelijks afwijken van de receptwaarde. Daardoor hoeft er minder afgesteld te worden op de bouwmaschine.

Onze probleemanalyse heeft aangetoond dat de veroudering van het materiaal en de berekening van de Parameter A invloed hebben op de afsteltijd. Echter, het is niet bekend in welke mate deze factoren invloed hebben op de afsteltijd. Er zijn namelijk veel factoren die het afstellen kunnen beïnvloeden. Daarom kan vervolgonderzoek uitwijzen in welke mate de veroudering van het materiaal en de berekening van Parameter A invloed heeft op de afsteltijd.

Aangezien de afsteltijden achteraf worden bepaald door een schatting van de operators, wijken de geregistreerde afsteltijden in het systeem af van de werkelijkheid. Daarom wordt er aanbevolen om de afsteltijd op lange termijn te baseren op real-time machinedata. Hierdoor wordt de afsteltijd op een betrouwbare en valide manier gemeten.

LIJST MET DEFINITIES EN AFKORTINGEN

DEFINITIES

Definitie	Omschrijving	Pagina
Business team	Afdeling dat verantwoordelijk is voor een deel van de productie	1
Batch	Productiegrootte	2
Betrouwbaarheid	De mate waarin het meetinstrument goed meet	6
Bouwmachine	Machine waarop de halffabricaten worden samengevoegd tot een greentire	9
Bouwtrommel	Onderdeel van de bouwmachine waarop de PA, ply en hielen worden aangebracht	10
Cyclustijd	Verschil tussen de begin- en eindtijd van productie	9
Cortexx	Besturingssysteem van halfautomaat 92, 94 en de maxxen	15
Parameter B	Parameter B kan worden toegepast als de greentire niet aan de eisen voldoet. Hiermee wordt er afgesteld.	16
Dekkingsbijdrage	Verschil tussen gemiddelde opbrengst en gemiddelde variabele kosten	20
ERP-systeem	Software ter ondersteuning van verschillende bedrijfsprocessen	6
Greentire	Ongevulkaniseerde autoband	2
Industrial Engineering	Afdeling bij Apollo Vredestein dat verantwoordelijk is voor het maximaliseren van de efficiency en productiviteit van de procesflow en individuele processen	2
Ishikawa diagram	Diagram waarbij de mogelijke oorzaken beschreven worden	26
Halffabricaat	Tussenproduct; grondstof dat al verwerkt is, maar nog verder verwerkt moet worden voor de productie van het eindproduct	13
Haspel	Een rol waarin een halffabricaat opgeslagen wordt	32
Minitab	Software dat geschikt is voor complexe statistische analyses	6
Operator	Werknemer die een (bouw)machine bedient	3
Pareto	Diagram om de grootste oorzaken inzichtelijk te maken	30
Probleemkluwen	Diagram waarin de relaties tussen factoren duidelijk wordt gemaakt	3
Procesindustrialisatie	Afdeling bij Apollo Vredestein dat verantwoordelijk is voor de vertaalslag van ontwerp naar machine	3
Procestechnoloog	Iemand die zich bezighoudt met het optimaliseren van de processen op technisch gebied	23
Parameter A	Een machine-instelling voor de eigenschappen van een greentire, bijvoorbeeld: loopvlaklengte.	16
Scrap	Materiaal of producten die zijn afgekeurd, omdat ze niet aan de eisen voldoen	2
Stagnatie	Stilstaan van een bouwmachine	2
Stakeholder	Persoon of groep dat betrokken is bij de organisatie en invloed ondervindt of kan uitoefenen op een bepaalde keuze/ project.	4
Standaardwerkwijze	Handleiding waarin is beschreven hoe handelingen uitgevoerd moeten worden	23
Tirebuilding	Proces waarbij halffabricaten worden samengevoegd op de bouwmachine	9
Validiteit	Het daadwerkelijk meten wat je wilt meten	6
Vulkaniseren	Proces waarbij de eigenschappen van rubber veranderen door warmte	61
Wikkelklauwenkop	Deel van de bouwmachine waarop de gordels, capstrip en loopvlak worden aangebracht	10

AFKORTINGEN

Afkorting	Omschrijving
IE	Industrial Engineering
OEM	Original equipment manufacturer
PA	Pre-assembly
PI	Procesindustrialisatie
PIBS	Productinformatie- en besturingssysteem
SMED	Single Minute Exchange of Die
TD	Technische dienst
WKK	Wikkelklauwenkop

LIJST MET TABELLEN EN FIGUREN

TABELLEN

Tabel	Paragraaf	Omschrijving
1	1.1.2	Business teams bij Apollo Vredestein
2	1.3.1	DMAIC
3	2.1	Kenmerken bouwmachines
4	2.5	Stagnatie door ombouw en afstellen (%)
5	2.5	Stagnatie per machine
6	2.6	Aantal parameters per categorie
7	2.10	Aantal minuten ombouwen en afstellen per jaar
8	2.10	Kosten ombouwen en afstellen per jaar
9	2.10	Gemiddelde tijdsduur ombouwen en afstellen voor specificatiewissel
10	3.1.3	Verschillen bouwmaschine 98 en bouwmaschine 102
11	3.2.1	Verschillen machine- en kalibratieparameters bouwmachines
12	3.3	Relatie TD_length_setpoint en receptwaarde
13	3.3	Effect van parameterwijziging
14	3.3.4	Verkeerde loopvlaklengtereregistratie bouwmaschine 98
15	3.3.4	Kenmerken specificaties
16	3.3.4	Resultaten
17	4.1.1	Resultaten design of experiments
18	4.1.2	Resultaten Parameter A
19	4.1.5	Productie van halffabricaten

FIGUREN

Figuur	Paragraaf	Omschrijving
1	1.1.2	Globaal overzicht productieproces
2	1.2.2	Probleemkluwen afstellen
3	1.2.6	Stakeholder map
4	2.4	Loopvlaklas
5	2.5	Aantal uur stagnatie per jaar
6	2.5	Afstellen per machine (%)
7	2.6	Invloed parameter op greentire
8	2.7	Schematische weergave afsteltijd
9	2.9	Histogram afsteltijd
10	3.1	Ishikawa diagram afsteltijd
11	3.1.3	Verschillen aanbrengrollen bouwmaschine 98 en bouwmaschine 102
12	3.2.1	Parameterwijzigingen per component
13	3.2.2	Parameterwijzigingen bouwmaschine 102
14	3.2.2	Relatie loopvlaklengte en afsteltijd
15	3.3	Loopvlakstation
16	3.3	Afwikkelen loopvlak
17	3.3.3	Verschil afkortlengte t.o.v. receptwaarde CY244518USAX
18	3.3.3	Verschil afkortlengte t.o.v. receptwaarde CY224517USA
19	3.3.4	Resultaat hypothese test 1 recept 52
20	3.3.4	Resultaat hypothese test 2 recept 52
21	4.1.1	Relatie tussen input- en output factoren DOE
22	4.1.1	Gewenste relatie tussen correctie- en Parameter A
23	4.2	Directe- en indirecte oplossing afsteltijd
24	5.1.2	Procesveranderingsmodel van Kotter
25	5.1.3	Procesveranderingsmodel van Pfeiffer & Schmidt

LEESWIJZER

In het rapport worden de bevindingen van het onderzoek 'reduceren van afsteltijd ten gevolge van ombouwen op de maxxen' beschreven. Het verslag is verdeeld in vijf hoofdstukken:

Hoofdstuk 1 beschrijft de achtergrondinformatie over Apollo Vredestein en het globale productieproces. Daarna wordt het probleem geïntroduceerd en vervolgens is de onderzoeksmethodiek (DMAIC) beschreven.

Hoofdstuk 2 beschrijft de define- en measure fase van het onderzoek. Hierin worden verschillende concepten met betrekking tot afstellen en ombouwen geïntroduceerd, waarmee afsteltijd meetbaar gemaakt kan worden. Deze concepten en variabelen zijn vervolgens gebruikt om de huidige situatie in kaart te brengen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de probleemanalyse van het onderzoek. Daarvoor zijn als eerste de menselijke factoren en werkwijzen in kaart gebracht. Vervolgens is er met behulp van een data-analyse vervolgonderzoek gedaan naar de parameterinstellingen en onderdelen die vaak worden afgesteld.

Hoofdstuk 4 beschrijft de verschillende oplossingen voor het reduceren van afsteltijd. Daarnaast worden de resultaten behandeld van een proefopstelling om de verschillen tussen Parameter A en Parameter B in kaart te brengen.

Hoofdstuk 5 beschrijft verschillende veranderingsmodellen om een procesverandering succesvol te implementeren. Vervolgens wordt de literatuur toegepast op de mogelijke oplossingen voor het reduceren van afsteltijd.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	11
Lijst met definities en afkortingen.....	14
Lijst met tabellen en figuren	15
Leeswijzer.....	16
1. Introductie.....	1
1.1 Achtergrondinformatie.....	1
1.2 Het probleem	2
1.3 Probleemaanpak	4
2. Huidige situatie	9
2.1 Bouwmachines	9
2.2 Ombouwen	11
2.3 Afstellen	12
2.4 Afsteltijd meten in huidige situatie	14
2.5 Soorten parameters	16
2.6 Gewenste situatie	17
2.7 Meetbaar maken afsteltijd	18
2.8 Berekening afsteltijd	19
2.9 Kostenanalyse	20
2.10 Samenvatting	21
3. Analyse	23
3.1 Probleemidentificatie	23
3.2 Parameter wijzigingen	28
3.3 Het loopvlak	31
3.4 Samenvatting	32
4. Improve	33
4.1 Parameter B vs. Parameter A.....	33
4.2 Mogelijke Oplossingen	36
5. Control.....	39
5.1 Theoretisch kader.....	39
5.2 Waarborgen implementatie	43
6. Conclusie & aanbevelingen	45
6.1 Conclusie.....	45
6.2 Aanbevelingen.....	46
6.3 Discussie.....	47
Literatuurlijst.....	48
Appendices.....	49

apollo



1. INTRODUCTIE

In het kader van de bachelor technische bedrijfskunde is er een afstudeeronderzoek uitgevoerd bij Apollo Vredestein B.V. In hoofdstuk 1 wordt als eerste het bedrijf geïntroduceerd (1.1.1), gevolgd door de organisatiestructuur van het bedrijf (1.1.2). Vervolgens wordt de aanleiding van het probleem (1.2.1) en het probleem (1.2.2) beschreven. Daarna volgen de probleemaanpak (1.3.1) en de onderzoeksvragen (1.3.2) waarmee het genoemde probleem onderzocht wordt.

1.1 ACHTERGRONDINFORMATIE

1.1.1 Apollo Vredestein

Apollo Vredestein B.V., hierna Apollo Vredestein genoemd, maakt sinds 2008 onderdeel uit van Apollo Tyres Ltd uit India. Apollo Tyres is een multinational met kantoren en productielocaties in onder meer India, Hongarije en Nederland.

Het Nederlandse Apollo Vredestein heeft een kantoor in Amsterdam en de productiefaciliteit in Enschede. Apollo Vredestein produceert autobanden van hoge kwaliteit, om zo een premium status in de auto-industrie te bereiken. De producten worden gemaakt voor auto's, landbouwvoertuigen en fietsen.

Apollo Vredestein is leverancier van banden voor de vervangingsmarkt en OEM-kanten. OEM-kanten zijn autofabrikanten die nieuwe banden inkopen en de banden monteren als halffabricaten op nieuwe auto's. Apollo Vredestein levert jaarlijks meer dan zes miljoen zomer-, winter- en 4-seizoenbanden via uitgebreide verkoopnetwerken in Noord-Amerika en Europa.

1.1.2 Organisatie

Apollo Vredestein is verantwoordelijk voor het complete productieproces van grondstof tot en met eindproduct. De productie is opgedeeld in zes verschillende business teams die zijn beschreven in tabel 1.

Business team	Specialisatie
BT1	Mengerij & Extrusie
BT2	Voorfabriek
BT3	Landbouw & Spacemaster
BT4	Personenwagenbanden bouw
BT5	Vulkanisatie PWB & Uniformity
BT6	Spacemaster assembly & Airmaster

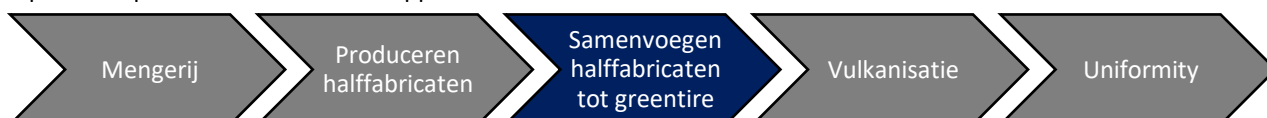
Tabel 1 | Business teams bij Apollo Vredestein

Ieder business team kan onderverdeeld worden in vijf afdelingen, waardoor er een matrix structuur ontstaat:

- Industrial Engineering
- Plant Engineering
- Product Industrialisatie
- Quality Assurance
- Operations

Apollo Vredestein produceert 24 uur per dag en 7 dagen per week, waarbij er gewerkt wordt in 5 ploegen die ingepland worden over 3 verschillende diensten: dienst 1 (23:00 – 07:00), dienst 2 (07:00 – 15:00) en dienst 3 (15:00 – 23:00).

De afstudeeropdracht wordt uitgevoerd op de afdeling BT4 proces industrialisatie. Op deze afdeling worden de halffabricaten samengevoegd tot een greentire, een ongevulkaniseerde autoband. Het productieproces van een autoband kan verdeeld worden in vijf stappen, namelijk de mengerij, productie van halffabricaten, samenvoegen van halffabricaten, vulkanisatie en uniformity (figuur 1). Een gedetailleerde beschrijving van het gehele productieproces is beschreven in appendix 1.



Figuur 1 Globaal overzicht productieproces

1.2 HET PROBLEEM

In paragraaf 1.2 wordt het probleem geïntroduceerd. Als eerste wordt beschreven hoe het probleem tot stand is gekomen bij Apollo Vredestein (1.2.1), waarna de probleemstelling volgt (1.2.2). Hierin staat beschreven waarom het belangrijk is om het genoemde probleem op te lossen door middel van een probleemkluwen. Daarna worden het doel (1.2.3), de afbakening (1.2.4), de deliverables (1.2.5) en de stakeholders van het probleem beschreven.

1.2.1 Aanleiding van het probleem

Op de afdeling BT4 zijn verschillende bouwmachines die de halffabricaten samenvoegen tot een greentire, een ongevulkaniseerde autoband. Een bouwmachine is geschikt om meerdere soorten greentires te bouwen. Daarom moeten deze machines regelmatig worden omgebouwd om zo ruim 800 verschillende banden te kunnen bouwen. Een voorbeeld hiervan is een specificatiewissel van een 19 inch autoband naar een 20 inch autoband, waarvoor enkele onderdelen van de machine vervangen moeten worden. Vaak verloopt de productie nog niet efficiënt genoeg na het ombouwen, waardoor er afstelwerk plaatsvindt. Het afstelwerk is nodig om het proces zonder verstoring te laten verlopen en om ervoor te zorgen dat de autoband een hoge kwaliteit heeft.

De afdeling Industrial engineering (IE) van Apollo Vredestein is verantwoordelijk voor het maximaliseren van de efficiency en de productiviteit van de procesflow en de individuele processen. Op deze afdeling zijn al diverse onderzoeken en projecten gedaan om de ombouwtijd van de bouwmachines te reduceren. Een voorbeeld van een onderzoek is het in kaart brengen van de theoretische duur van verschillende ombouwsoorten door middel van SMED. SMED is een analytische methode met als doel om het aantal resources, handelingen en tijd te verminderen tijdens het ombouwen.

Doordat er al meerdere onderzoeken zijn gedaan om de ombouwtijd te reduceren, is er nog relatief weinig tijd te besparen op het optimaliseren van de ombouw. Een ander aspect van het totale ombouwproces is het afstellen van de machine. Vanuit Industrial engineering werd er opgemerkt dat er nog veel variatie zit in het afstellen van de bouwmachines en dat het afstellen erg lang duurt. Het is vanwege diverse redenen belangrijk om weinig afsteltijd te hebben (§1.2.2). Daarom kan er nog veel resultaat behaald worden op het afstellen.

1.2.2 Probleemstelling

De hoeveelheid afstelwerk dat nodig is bij een type autoband is erg variabel. Aangezien op een dag veel verschillende types autobanden geproduceerd worden, moet de machine vaak worden omgebouwd en afgesteld. Tijdens het ombouwen en afstellen van de machine kan er niets geproduceerd worden. Daarmee is het kernprobleem:

Het afstellen ten gevolge van ombouwen op de bouwmachines kost te veel tijd en is erg onvoorspelbaar.

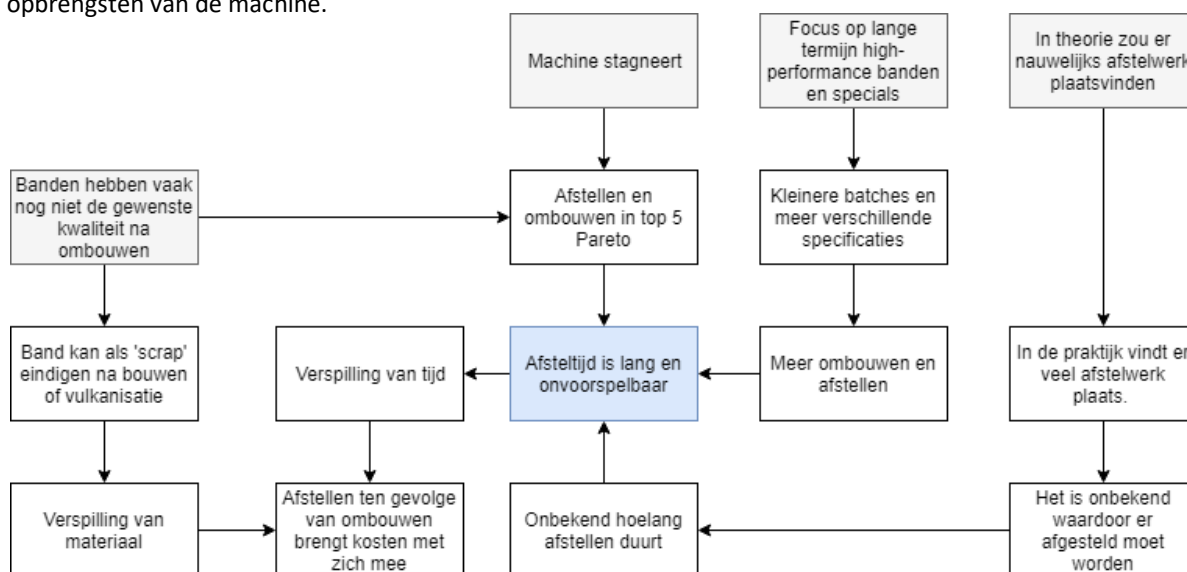
Het afstellen is ongewenst vanwege vier verschillende redenen die zijn beschreven in een probleemkluwen (figuur 2). De eerste reden is dat ombouwen en afstellen in de top 5 staat van een Pareto analyse over de stagnatie van de bouwmachine. Dat betekent dat het afstellen ten gevolge van ombouwen een van de grootste oorzaken is waardoor de machine stagneert en dat er daarom (veel) winst te behalen valt op het afstellen.

Daarnaast zal Apollo Vredestein zich in de toekomst meer richten op de type XX banden. Deze banden worden in kleinere batches geproduceerd, om zo de verschillende banden te leveren. Een nadeel van deze kleine batches is dat de machine vaker moet worden omgebouwd en dus ook vaker moet worden afgesteld. Aangezien afstellen momenteel al veel tijd kost, zal het in de toekomst een nog grotere rol gaan spelen.

Verder zorgt het afstellen ervoor dat een deel van de productie als 'scrap' eindigt. Dit zijn autobanden die niet voldoen aan de eisen. Nadat de machine is omgebouwd, zal de machine beginnen te produceren. Echter, de autobanden die de machine vanaf dat moment produceert zijn niet altijd van gewenste kwaliteit, waardoor er afstelwerk nodig is. Een band die niet goed is afgesteld kan eindigen als scrap na het bouwen of vulkaniseren. Daarom zorgt afstelwerk voor verspilling van materialen en brengt onnodige kosten met zich mee.

Ook zorgt het afstellen voor frustratie bij de operators. Het afstellen is een erg onvoorspelbaar proces; soms is een operator na twee greentires klaar met afstellen, terwijl hij de volgende keer acht greentires moet afstellen. Daarom kan het afstellen demotiverend werken bij de operators.

Als laatste is het afstelwerk erg onvoorspelbaar en daarmee erg ongewenst. Het is niet bekend welke factoren invloed hebben op het afstellen en daarom kan er niet bepaald worden hoe lang het afstellen duurt. Dit heeft bijvoorbeeld invloed op de planning. Zoals eerder beschreven, kan de machine minder produceren tijdens het ombouwen en afstellen van de bouwmaschine. Dat heeft gevolgen voor de bezettingsgraad en daarmee ook de opbrengsten van de machine.



Figuur 2 | Probleemkluwen afstellen

1.2.3 Doel

Het doel van dit onderzoek is om binnen een periode van 6 maanden een kwalitatief- en kwantitatief verklarend onderzoek uit te voeren om de factoren in kaart te brengen die invloed hebben op de variatie in afsteltijd na het ombouwen van de bouwmachines. Daarna wordt er een adviesrapport geschreven met aanbevelingen, waarmee de variatie in afsteltijd gereduceerd kan worden.

1.2.4 Afbakening

Het onderzoek wordt uitgevoerd op bouwmachines 98 en bouwmaschine 102 (maxxen) op de afdeling BT4 procesindustrialisatie. Het onderzoek naar de keuze voor de afbakening is beschreven in §2.5. Aangezien een bouwmaschine uit meerdere onderdelen bestaat, wordt er voor een specifiek onderdeel een adviesrapport geschreven worden. Verder in het onderzoek is bepaald dat het reduceren van de afstellingen op het loopvlak de meeste impact levert. Daarom is er meer onderzoek gedaan naar de manieren om het afstellen van het loopvlak te reduceren.

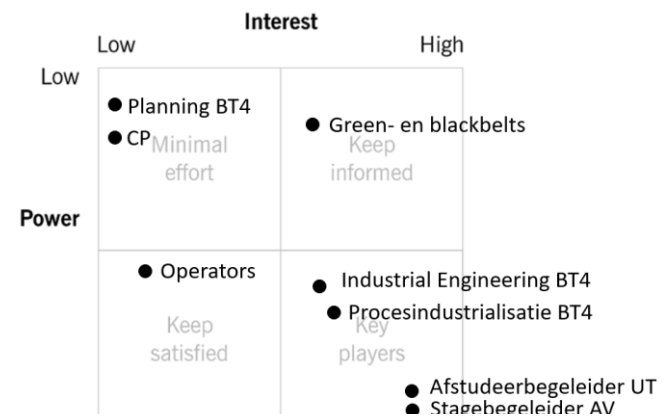
1.2.5 Deliverables

De volgende documenten worden ingeleverd voor het project:

- Een definitie voor afsteltijd die als standaard geïmplementeerd wordt binnen Apollo Vredestein.
- Een situatieanalyse waarmee oorzaken van de variabiliteit in afsteltijd op de maxxen in kaart worden gebracht.
- Een adviesrapport met implementatieplan waarin staat beschreven hoe de afsteltijd voor een onderdeel van de bouwmaschine stabiel kan worden gemaakt.

1.2.6 Stakeholders

Bij dit onderzoek zijn verschillende stakeholders betrokken. Een stakeholder is een organisatie of persoon die betrokken is bij een organisatie en invloed ondervindt of kan uitoefenen op een bepaalde keuze/ project (Mendelow, 1991). Bij deze stakeholderanalyse is gebruik gemaakt van het stakeholder concept van Mendelow (1991). In dit model wordt onderscheid gemaakt tussen de 'interesse- en macht' van de stakeholder voor het onderzoek. In figuur 3 zijn de stakeholders die betrokken zijn bij mijn onderzoek weergegeven. Een uitgebreidere beschrijving van de keuze is beschreven in appendix 3.



Figuur 3 | Stakeholder map

1.3 PROBLEEMAANPAK

In deze paragraaf zijn verschillende onderzoeksmethodieken beschreven die gebruikt kunnen worden om het probleem op te lossen. Uiteindelijk is er gekozen om de DMAIC onderzoeksmethodiek te gebruiken, aangezien deze methodiek het meeste focust op procesoptimalisatie. Vervolgens zijn er hoofd- en deelvragen opgesteld om de probleemaanpak te formuleren en het probleem op te lossen.

1.3.1 Onderzoeksmethodiek

De eerste probleemaanpak die wordt behandeld is DMAIC. DMAIC staat voor **D**efine, **M**easure, **A**nalyse, **I**mprove and **C**ontrol en is een data-gestuurde verbetercirkel voor het verbeteren van processen (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). In tabel 2 zijn de stappen van het DMAIC-proces beschreven.

Fase	Doel	Taken
Define	Het begrijpen van het probleem en erachter komen waarom het een probleem is.	Het helder definiëren van de probleemstelling, doel, scope en tijdsduur van het project.
Measure	Het meetbaar maken van de variabelen	De variabelen definiëren en meetbaar maken, om zo het verschil tussen de huidige- en gewenste prestaties te meten.
Analyse	Het identificeren, valideren en het bepalen van de factoren die de variabele beïnvloeden.	Het meten van de variabelen.
Improve	Het implementeren en het verifiëren van de beste oplossing(en) van het probleem.	Verschillende 'tools' kunnen worden gebruikt om zo de optimale instellingen te bepalen
Control	Ervoor zorgen dat de gevonden oplossing als standaard wordt ingebed in het proces.	Beschrijven hoe de oplossing(en) geïmplementeerd moeten worden en het project afsluiten.

Tabel 2 | DMAIC

In de DMAIC-verbetercirkel is het erg belangrijk om het probleem goed te definiëren, omdat het anders ook niet gemeten kan worden (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). Als de data niet beschreven kan worden, dan kan de data ook niet gebruikt worden in de verdere stappen van het onderzoek. Daardoor is het moeilijk om het proces te verbeteren en de resultaten te waarborgen (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). DMAIC is erg geïntegreerd met Six Sigma om zo processen te verbeteren. Six sigma is een methode om de performance te verbeteren op de lange termijn door de variatie in het proces te reduceren (Theisens, 2016, p. 33).

Naast de DMAIC-methode zijn er ook nog andere verbetermethoden, zoals DMDAV en de ABP. De DMDAV-verbetercirkel staat voor Define, Measure, Analyse, Design en Verify en is net zoals DMAIC een data-gestuurde verbetercirkel (Theisens, 2016, p. 333). Deze methode gaat over het ontwerpen van een product of een proces binnen het bedrijf als het niet presteert naar behoren.

Een andere probleemoplossingsmethode is de Algemeen Bedrijfskundige Probleemaanpak van Heerkens & Van Winden (2012). Deze methode is gebaseerd op verschillende onderzoeksmethoden, waarbij minimaal een van de volgende aspecten ontbrak: multidisciplinariteit, context van het bedrijf of eenvoud. Het bestaat uit 7 stappen en biedt een globale aanpak om een probleem op te lossen, waarbij er gebruikt gemaakt kan worden van 'tools' uit andere onderzoeksmethoden (Heerkens & Winden, 2012).

Er is gekozen om gebruik te maken van DMAIC aangezien deze methode het beste past bij het onderzoek dat uitgevoerd wordt. De opdracht gaat over het reduceren van variabiliteit in het afstelproces, om vervolgens de uitkomst als 'standaard' te maken binnen het bedrijf. Dit staat ook centraal in de DMAIC-onderzoeksmethode. Daarom wordt er geen gebruik gemaakt van de DMDAV, aangezien hierbij het ontwerpen en verifiëren van het proces centraal staat. Er is niet gekozen voor de ABP, aangezien de DMAIC verbetercirkel zich meer focust op procesoptimalisatie en daarom specifiek is voor het desbetreffende probleem.

1.3.2 Hoofd- en deelvragen

Het onderzoek is verdeeld in vijf verschillende fases om zo door middel van een gestructureerde manier tot een oplossing te komen. Deze vijf fases zijn gebaseerd op de DMAIC verbetercirkel. Binnen iedere fase worden enkele onderzoeksvragen behandeld die helpen in het proces. Aangezien het afstellen van de bouwmachines ten gevolge van ombouwen onvoorspelbaar is en veel tijd kost, moet er een oplossing bedacht worden. Om dit probleem op te lossen, is de volgende hoofdvraag opgesteld:

Op welke manier kan de variabiliteit in afsteltijd ten gevolge van ombouwen van maxxen worden gereduceerd in de personenwagenbandenbouw bij Apollo Vredestein?

Define

De eerste stap in het onderzoek had betrekking tot het definiëren van het probleem. Vanwege de complexiteit van het product en het proces, moest de huidige situatie geanalyseerd worden. Door middel van deze analyse was het mogelijk om het probleem concreet te beschrijven. De volgende onderzoeksvragen zijn behandeld in de define fase:

1. *Hoe verloopt het proces van de productie voor personenwagenbanden?*
 - Hoe ziet de bouw van personenwagenbanden eruit?
 - Hoe ziet het huidige- ombouw en afstelproces eruit?
2. *Welke machines zijn het relevant om het onderzoek op uit te voeren?*
3. *Welke stakeholders zijn betrokken bij het onderzoek?*

Measure

Afstellen is nog niet gedefinieerd binnen het productieproces voor personenwagenbanden bij Apollo Vredestein. Daardoor kan het nog niet nauwkeurig gemeten worden in het productieproces. Daarom is er een definitie opgesteld voor ombouwen, afstellen en de variabele afsteltijd. Deze definities zijn gebruikt voor het analysekader in de 'analyse' fase. Met behulp van deze definitie wordt de afsteltijd in de huidige situatie gemeten. De volgende onderzoeksvragen zijn behandeld in de measure fase:

4. *Op welke manier kan 'afstellen' meetbaar gemaakt worden?*
 - a. Hoe kan ombouwen en afstellen gedefinieerd worden?
 - b. Hoe kan afsteltijd gemeten worden?

Analyse

In deze fase is onderzocht welke factoren afsteltijd beïnvloeden in het huidige productieproces. Het doel van deze analyse is om te onderzoeken op welke aspecten de variabele afsteltijd ten gevolge van ombouwen verbeterd kan worden. Daarvoor zijn semigestructureerde interviews gehouden met de operators, waarbij de 'waarom'-vraag centraal stond. Door te achterhalen waarom operators een handeling op een bepaalde manier uitvoeren, zijn de menselijke factoren die afsteltijd beïnvloeden onderzocht.

Verder bestaat een bouwmachine uit meerdere onderdelen die afgesteld worden na het ombouwen. Door middel van de machine- en productiedata, is er achterhaald welk onderdeel het vaakst wordt afgesteld (variabele

is aantal parameterwijzigingen). De resultaten van deze analyse zijn verwerkt in een Pareto analyse. Door een oplossing te bedenken voor het reduceren van de variatie in afsteltijd op desbetreffend onderdeel, zal de grootste winst behaald worden. Door middel van Excel en Minitab is onderzocht of er bepaalde verbanden te vinden zijn tussen producten en producteigenschappen, om zo meer inzicht te krijgen in de variabiliteit in afsteltijd.

5. *Welke factoren hebben invloed op de afsteltijd ten gevolge van ombouwen bij de maxxen?*
6. *Op welke onderdelen van de bouwmaschine worden de meeste parameterwijzigingen gedaan?*

Improve

In de improve en control fase staat het bedrijfskundige aspect van de opdracht centraal. Het doorvoeren van een verandering in een organisatie vergt verschillende stappen. Daarnaast moet iedere stakeholder ervan overtuigt zijn dat de gekozen oplossing, de beste oplossing is.

Uit de analyse fase volgen een aantal factoren die invloed hebben op de afsteltijd. In de improve fase is een adviesrapport met implementatieplan geschreven om de variatie in afsteltijd te reduceren voor een specifiek onderdeel. De factoren en het onderdeel resulteerden uit het onderzoek. Verder is in deze stap een implementatieplan geschreven over hoe de oplossingen geïmplementeerd kunnen worden en wat daarvoor nodig is.

7. *Welke mogelijke oplossingen zijn er voor het reduceren van de variabiliteit in afsteltijd?*

Control

In de control fase is beschreven hoe de uitkomsten van het implementatieplan gewaarborgd kunnen worden in het productieproces, om zo terugval te voorkomen. Daarom is er kennis verzameld over hoe een oplossing succesvol geïmplementeerd kan worden in een proces. Dit is gedaan door middel van een literatuuronderzoek.

8. *Welke methoden worden in de literatuur beschreven om een verandering succesvol te implementeren binnen een organisatie?*
9. *Welke methode wordt gekozen om de oplossing te implementeren?*

1.3.3 Validiteit en betrouwbaarheid

Bij de afbakening van het onderzoek is gebruik gemaakt van data uit PIBS. PIBS staat voor *productie informatie en besturingssysteem* en is het ERP-systeem bij Apollo Vredestein dat alle productiedata registreert. Er is gekeken naar de duur van het ombouwen en het afstellen van de machine, om zo te bepalen welke machine het meeste oplevert en daarmee het interessantst is om te onderzoeken. De operators voeren de data handmatig in en er wordt niet door de machine vastgelegd door de machine wanneer het ombouwen begint en eindigt. Hetzelfde principe geldt voor het afstellen. Het invoeren van de data vindt vaak achteraf plaats en de operators maken hierbij een schatting van de duur van het ombouwen of afstellen. Daarom kan het zo zijn dat de data in PIBS afwijkt van de werkelijke data. De data in PIBS geeft dus een globale inschatting van de ombouw- en afsteltijd. Daarom kan deze data wel gebruikt worden voor de afbakening van het onderzoek, maar is het niet valide genoeg voor het verzamelen van data.

Verder, wordt er in de definitie van afsteltijd geen rekening gehouden met het aantal scrap banden die geproduceerd zijn gedurende de afstelperiode. De reden hiervoor is dat het (nog) niet gecontroleerd kan worden of een uitgevallen ge vulkaniseerde band is geproduceerd in de afstelperiode. Daardoor is het niet te achterhalen of een greentire is uitgevallen in de vulkanisatie vanwege het afstellen.

1.3.4 Restricties

Het afstellen en ombouwen vindt plaats na het bouwen van iedere specificatie. Aangezien een ombouw maar een keer per tijdsperiode plaatsvindt, is het niet mogelijk om op ieder willekeurig moment een ombouw te observeren. Daarom moet er bij dit onderzoek rekening gehouden worden met de tijdstippen waarop een ombouw geobserveerd kan worden. Echter, deze beperking heeft geen gevolgen voor de dataverzamelmethode(n) en de validiteit van het onderzoek.

Een tweede beperking is dat alleen de parameterwijzigingen van de laatste 1000 banden zijn geregistreerd. Daardoor moest er zelf een database worden opgesteld door iedere dag de data van de laatste 1000 banden te kopiëren. Het verzamelen/ registreren van data is begonnen op 23 april en geëindigd op 06 juni. Daardoor is er in het onderzoek alleen data gebruikt van deze periode.

Een derde beperking is dat specificaties vaak op één bouwmachine worden gebouwd. Daardoor was het moeilijk om de bouwmachines met elkaar te vergelijken, omdat een specificatie simpelweg niet gebouwd wordt op de andere machine. Echter, soms werd een specificatie wel op twee machines gebouwd, maar waren de verschillen in productieaantallen te groot, waardoor de resultaten niet valide waren. Toch zijn er 3 specificaties gevonden die op beide bouwmachines gebouwd zijn, waarvan de productieaantallen groot genoeg waren voor vergelijking.

2. HUIDIGE SITUATIE

Het produceren van een autoband is een erg complex proces dat bestaat uit vele handelingen. Daarom wordt in hoofdstuk 2 de context van het probleem beschreven, om zo beter te begrijpen in welke omgeving het probleem zich afspeelt. Daarna volgen verschillende definities van de concepten ombouwen (2.2) en afstellen (2.3). Vanwege de tijdrestrictie van de opdracht, is er gekozen om het onderzoek te focussen op een bouwmaschine: de maxxen. De totstandkoming van de afbakening wordt behandeld in paragraaf 2.4. Het afstellen van de bouwmaschinen kan gedaan worden door middel van verschillende parameters, die worden beschreven in paragraaf 2.5. Het meten van de variabele afsteltijd is erg ingewikkeld, daarom wordt er in paragraaf 2.6 – 2.8 beschreven hoe afsteltijd gemeten kan worden door middel van machinedata. Als laatste volgt een kostenanalyse (2.9), waarmee duidelijk wordt waarom het reduceren van afsteltijd zo belangrijk is. De belangrijkste bevindingen zijn samengevat in paragraaf 2.10.

2.1 BOUWMACHINES

Bij Apollo Vredestein zijn er drie verschillende soorten bouwmaschinen, namelijk: maxxen, halfautomaten en automaten. Iedere bouwmaschine focust zich op verschillende soorten autobanden en de eigenschappen van deze machines zijn beschreven in tabel 3.

Machine	Aantal	Focus	Cyclustijd	Ombouwtijd	Inchmaten
Maxxen					
Halfautomaten					
Automaten					

Tabel 3 | Kenmerken bouwmaschinen | Vertrouwelijke informatie

Een autoband is een complex product dat uit verschillende halffabricaten bestaat. Deze halffabricaten worden op verschillende afdelingen ontworpen en geproduceerd in Enschede. Uiteindelijk worden de halffabricaten samengevoegd tot een greentire (figuur 29), waardoor er ruim 800 verschillende soorten autobanden geproduceerd kunnen worden. Het samenvoegen van de halffabricaten gebeurt op een bouwmaschine en wordt tire-building genoemd. In de appendix 1 en 2 is meer achtergrondinformatie beschreven over het bedrijf. Appendix 1 gaat dieper in op het tire-building proces en de samenstelling van een greentire. In appendix 2 wordt meer informatie beschreven over de naamgeving van een greentire en autoband.

Figuur 29 | Een greentire | Verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

2.2.1 Bouwmachine 'Maxxen'

e bouwmachines 'maxxen' worden kort geïntroduceerd, omdat het onderzoek is afgebakend tot deze machinegroep. Maxxen is een verzamelnaam voor de bouwmachines 98 en bouwmachine 102. Bouwmachine 102 behoort tot hetzelfde type bouwmachine als bouwmachine 98, maar bouwmachine 102 is geavanceerder en nieuwer dan bouwmachine 98. In figuur 26 is een afbeelding van bouwmachine 102 weergegeven.

De maxxen bestaan grofweg uit twee onderdelen, namelijk een wikkelklauwenkop (figuur 27) en een bouwtrommel (figuur 28). Op deze onderdelen worden verschillende gedeeltes van de greentire geproduceerd.

De wikkelklauwenkop (wkk) bevindt zich aan de linkerkant van de bouwmachine. Op de wikkelklauwenkop worden de gordels, de capstrip en het loopvlak samengebracht. In figuur 27 is te zien dat de wikkelklauwenkop in feite een cilinder is, waarop de rechte materialen worden aangebracht.

De bouwtrommel bevindt zich aan de rechterkant van de bouwmachine. Op de bouwtrommel worden de voering, de ply's en de hielen aangebracht, ook wel het karkas genoemd. In figuur 28 is te zien dat de bouwtrommel, net als de wikkelklauwenkop, een cilinder is waarop de materialen worden aangebracht. Uiteindelijk worden de materialen van de wikkelklauwenkop en de bouwtrommel in het midden van de bouwmachine samengevoegd.

Figuur 26 | Bouwmachine 102 (MAXX) met een wikkelklauwenkop (links) en een bouwtrommel (rechts) | Vertrouwelijk

Figuur 27 | Wikkelklauwenkop | Vertrouwelijk

Figuur 28 | Bouwtrommel | Vertrouwelijk

2.2 OMBOUWEN

Op een bouwmaschine kan één batch per keer gemaakt worden van een specifieke band. Als er een andere specificatie op de planning staat, dan wordt de machine omgebouwd. Ombouwen is het overschakelen naar het bouwen van een andere bandenspecificatie. Hiervoor moeten nieuwe halffabricaten geplaatst worden in de bouwmaschine en moeten enkele onderdelen van de bouwmaschine vervangen worden (van Lier, 2011).

Het ombouwen bestaat uit een online- en offlineproces (van Lier, 2011). Online-werkzaamheden worden gedaan terwijl de bouwmaschine nog produceert, zoals het controleren van de volgende order en het klaarzetten van de onderdelen die nodig zijn voor de ombouw. Offline-werkzaamheden worden gedaan als de machine stil staat, zoals het wisselen van de materialen en onderdelen van de machines. Het ombouwproces bestaat uit zeven stappen:

1. Voorbereiding van de ombouw
2. Elektrische ombouw (receptwissel)
3. Materiaalwissel
4. Mechanische ombouw
5. Registratie in PIBS
6. Productiestart en **afstelling**
7. Restmaterialen en ombouwmaterialen terugbrengen.

De ombouwtijd begint zodra de laatste band van de vorige specificatie geproduceerd is, omdat dan het recept van de nieuwe specificatie wordt geladen in de bouwmaschine. De ombouwtijd eindigt wanneer:

- Alle onderdelen en materialen vervangen zijn,
- Alle parameters volgens het recept zijn ingevoerd

Na de ombouw zou de productie van de autoband in theorie kunnen starten. In de praktijk blijkt vaak dat het proces nog niet optimaal verloopt na de ombouw en dat eigenschappen van de greentire nog niet goed genoeg zijn, waardoor er afstelwerk nodig is.

2.3 AFSTELLEN

In deze paragraaf wordt het concept *afstellen* gedefinieerd. Als eerste wordt er een definitie van afstellen opgesteld en er wordt beschreven uit welke handelingen het afstellen van de bouwmachines bestaat (2.3.1). Daarna wordt een voorbeeld gegeven van afstellen in de praktijk (2.3.2).

2.3.1 Definitie afstellen

Afstellen is het finetunen van de parameters op de bouwmaschine, om zo het proces zonder verstoring te laten verlopen en om autobanden te produceren die voldoen aan de eisen. Onder afstellen valt het centreren van de materialen op de machine en het wijzigen van de parameters. Het doel van het afstellen is om de kans op defecten zodanig klein te maken, dat de machine automatisch kan draaien zonder menselijke ingrijpen. De machine draait op dat moment binnen zijn eigen toleranties en binnen de toleranties van de operator.

Het afstelproces kan worden verdeeld in vier verschillende stappen:

1. Mechanische afstelling
2. Productiestart
3. Opmeten en centreren van materialen en onderdelen
4. Afstellen van producteigenschappen

Tijdens de mechanische afstelling kunnen in totaal vier onderdelen worden afgesteld. Dit zijn voornamelijk de sensoren die de eigenschappen van de band elektronisch meten. Aangezien iedere band verschillende afmetingen heeft in hoogte, breedte en diameter, moeten deze sensoren op de juiste afstand van de bouwtrammel en wikkeldauwenkop worden gezet. Iedere specificatie heeft zijn eigen waarden voor de correcte afstanden en ze staan vermeld op de orderspecificatie.

Na de mechanische afstelling volgt de productiestart. Tijdens het produceren van de eerste banden moet de positionering van de materialen en de kwaliteit van de lassen gecontroleerd worden. De operator heeft een checklist met een tiental elementen die gecontroleerd en genoteerd moeten worden om zo de kwaliteit te waarborgen. Daar waar de materialen niet gecentreerd zijn op de machine of de lassen niet goed aansluiten, moeten enkele afstellingen gedaan worden. Dit zijn voornamelijk (elektronische) parameterwijzigingen die veranderd kunnen worden tijdens het bouwen van een greentire (productie hoeft niet per se stil te staan). De parameterwijzigingen worden dan toegepast op de eerst volgende greentire. Tijdens de productie van de eerste banden moet de operator de machine in handmatige modus zetten, om zo de onderdelen op te meten. In handmatige modus blijft de machine stilstaan en worden er geen materialen aangevoerd als daar geen opdracht voor wordt gegeven door de operator. Zodra de operator opdracht geeft aan de machine om materialen aan te voeren, gaat de productie verder.

Verder wordt iedere band gecontroleerd op een aantal aspecten als deze is gebouwd. Als een eigenschap van de greentire niet goed is, dan moet dit worden verbeterd. Dit kan gedaan worden door een parameter aan te passen. Een voorbeeld is dat de las van het loopvlak te groot of klein kan zijn, terwijl deze goed moet aansluiten (figuur 4). Dan moeten parameters worden aangepast om zo de las binnen de toleranties te laten vallen. Verder moet de foute loopvlaklas ook gecorrigeerd worden. Daarvoor moet de bouwmaschine worden stilgezet, zodat de operator handmatig op de goede plek kan plaatsen.

Voor iedere specificatie is er een recept waarin de parameters staan, maar deze parameters worden vaak aangepast omdat er vele factoren zijn die invloed hebben op de greentire. Daarom is er afstelwerk nodig om het proces beter te laten verlopen en de gewenste kwaliteit te behalen. In hoofdstuk 3 wordt er dieper ingegaan op de factoren die invloed hebben op de afsteltijd.

Figuur 4 | Foute Loopvlaklas | Vertrouwelijk

2.3.2 Afstellen in de praktijk (voorbeeld)

Vertrouwelijke informatie

Figuur 4 | Foute loopvlaklas



2.4 AFSTELTIJD METEN IN HUIDIGE SITUATIE

In de huidige situatie wordt de afsteltijd ingevoerd door de operators in PIBS. Na de ombouw wordt er bepaald welke soort ombouw ze hebben gehad. Hierop baseren ze een schatting voor de afsteltijd en deze tijd wordt ingevoerd in het systeem. Deze schatting varieert per operator en is voor een 'kleine' ombouw ongeveer XX minuten en XX minuten voor een 'grote' ombouw. In de huidige situatie wordt de afsteltijd dus niet gemeten door de machine, maar wordt bepaald door een schatting van de operator. Daarom kunnen deze waarden niet worden gebruikt als metingen voor het onderzoek, aangezien dat de validiteit verlaagt. Echter, deze metingen kunnen wel gebruikt worden om te bepalen op welke machine het onderzoek wordt uitgevoerd.

In tabel 3 (§2.1) zijn de eigenschappen van de drie verschillende bouwmaschinen beschreven. De halfautomaten bouwen voornamelijk type X banden. Op de maxxen worden voornamelijk banden gebouwd voor de klant X, maar indien nodig kunnen deze bouwmaschinen ook type X banden produceren. Op de automaten worden de overige banden gebouwd in grote(re) batches.

De normen voor de cyclustijd variëren per machinesoort. Echter, er zijn geen normen opgesteld voor de afsteltijd binnen Apollo Vredestein. Uit een gesprek met Mark Horselenberg (IE) blijkt dat hiervoor gekozen is, omdat het afstellen nauwelijks tijd zou moeten kosten en dat het daarom niet nodig is om een norm op te stellen. De werkelijke duur voor het ombouwen en afstellen van de machine is weergegeven in tabel 4 en figuur 5. De data in de tabel is van de periode 1 maart 2017 tot en met 28 februari 2018. In deze tabel wordt het percentage gegeven dat de bouwmaschine op jaarbasis stagneert door ombouwen en afstellen (1). Dit percentage is de som van het percentage ombouwen (2) en het percentage afstellen (3) op jaarbasis. Verder wordt de verhouding tussen afstellen en ombouwen gegeven (4). Deze verhouding geeft aan hoelang het afstellen in verhouding duurt tot het ombouwen. In de gewenste situatie is deze verhouding zo klein mogelijk, aangezien het afstellen maar een fractie mag duren van het complete ombouwproces.

	MAXX	HAPBM	APBM	Totaal
1. Ombouwen en Afstellen				
2. Ombouwen				
3. Afstellen (na ombouwen)				
4. Verhouding afstellen / ombouwen				

Tabel 4 | Stagnatie ombouwen en afstellen op jaarbasis (%) | Vertrouwelijk

Uit tabel 4 valt te concluderen de verhouding afstellen/ombouwen bij de maxxen 1:2 is, terwijl dat bij de halfautomaten (1:3) en automaten (1:20) veel lager is. Dit betekent dat het afstellen bij de maxxen ongeveer even lang duurt als het ombouwen. Aangezien het afstellen maar een klein deel zou moeten zijn van het complete ombouwproces, is het interessant om het onderzoek uit te voeren op de maxxen.

Figuur 5 | Aantal uur stagnatie per jaar | vertrouwelijk

Echter, op HA94 en HA96 worden veel type X banden met verschillende inchmaten geproduceerd, die niet op de andere halfautomaten geproduceerd kunnen worden. Daarom is er de verwachting bij de procesindustrialisatie (PI) dat deze bouwmaschinen veel stagneren door het ombouwen en afstellen. Uit de gemiddeldes die in tabel 5 en figuur 6 staan, valt echter niet te concluderen of de halfautomaten 94/96 daadwerkelijk meer stilstaan dan andere bouwmaschinen. Daarom is er onderzoek gedaan naar de stagnatietijden per machine. Hiermee wordt er inzicht verkregen in de daadwerkelijke stagnatie door afstellen. In tabel 8 zijn de stagnatiepercentages berekend per machine. Hieruit valt te concluderen dat beide maxxen de langste stagnatietijd hebben door het afstellen ten gevolge van ombouwen in vergelijking met de andere bouwmaschinen. Het percentage afstellen is berekend door middel van de volgende formule:

$$\% \text{ afstellen} = \frac{\# \text{ minuten afstellen machine } X}{\# \text{ minuten per jaar} * \text{ benuttingsfactor}}$$

	Machine	Benutting	Ombouwen (minuten)	Afstellen (minuten)	Ombouwen (%)	Afstellen (%)
HAPBM						
MAXX						
APBM						

Tabel 5 | Stagnatie per machine | Vertrouwelijk

Figuur 6 | Afstellen per machine (%) | Vertrouwelijk

Verder beschikken alleen HA92, HA94 en de maxxen (HA98 en HA102) over data uit Cortexx. Cortexx is een besturingssysteem waarmee data uit de machines gelezen kan worden. Deze data geeft informatie over de parameterwijzigingen, stagnaties en productiedata. Aangezien het belangrijk is om deze data te bestuderen voor het onderzoek, is het van belang om het onderzoek uit te voeren op een van deze vier bouwmaschinen.

Daarom is er besloten om het onderzoek uit te voeren op de maxxen, aangezien de afsteltijd op deze bouwmaschinen het grootst is en er cortexx besturing aanwezig is.

2.5 SOORTEN PARAMETERS

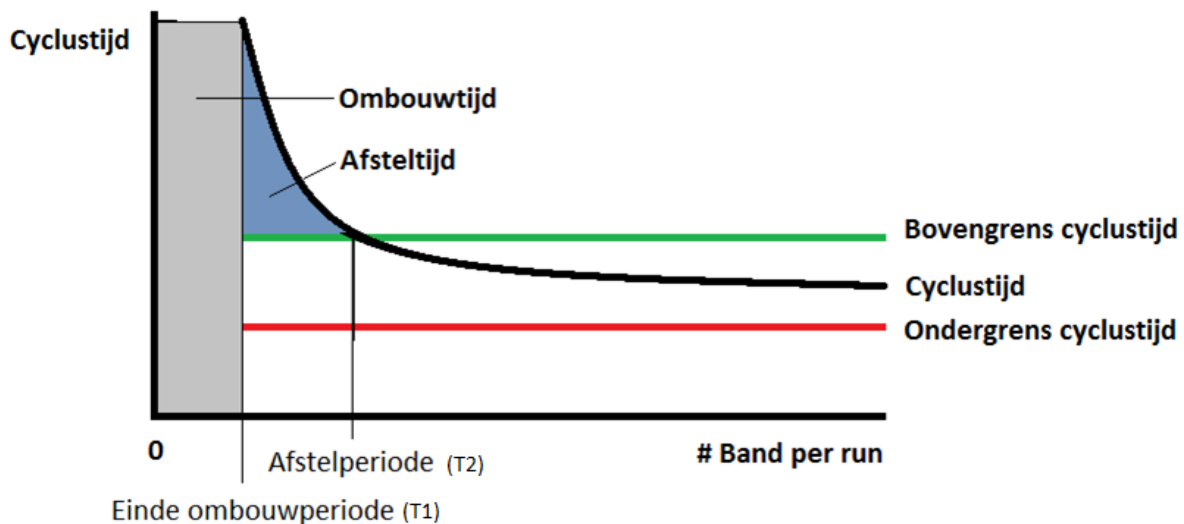
Deze paragraaf is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

2.6 GEWENSTE SITUATIE

In de ideale situatie kan er direct na het ombouwen gestart worden met de productie en is er geen afstelwerk nodig. Echter, er blijkt in de praktijk vaak afstelwerk nodig en daarom is het van belang om afstellen ook mee te nemen in de gewenste situatie. Het verloop van de gewenste situatie is weergegeven in figuur 8. Aangezien afstellen maar een klein gedeelte van het complete ombouwproces mag zijn, is er bij Apollo Vredestein besloten om hier geen norm aan te stellen.

Op $t = T_0$ start de ombouw naar de volgende specificatie. Gedurende het ombouwen kan er niets geproduceerd worden en daarom is het van belang dat deze tijd zo kort mogelijk is. Na het ombouwen ($T = T_1$) volgt de productiestart van de specificatie. De zwarte lijn in figuur 8 weergeeft de gemeten cyclustijd per autoband. De cyclustijd van de eerste autoband ligt vaak nog boven de gewenste cyclustijd, aangezien er centreer- en afstelwerk gedaan moet worden. De cyclustijd per band daalt naarmate er meer banden geproduceerd worden, omdat er dan meer afstelwerk is gedaan.

In de ideale situatie heeft een autoband een constante cyclustijd van X seconden. Het blijkt echter niet mogelijk om een constante cyclustijd te bereiken op de bouwmachines. Vaak liggen de metingen rondom een gemiddelde cyclustijd van X seconden en fluctueert het grootste deel van de productie daaromheen. Een voorbeeld hiervan is dat een specificatie een gemiddelde cyclustijd heeft van XX seconden, doordat de cyclustijden van bijvoorbeeld vier willekeurige greentires in een productierun XA, XB, XC en XD seconden is. Daarom is het doel om de cyclustijd tussen een boven- en ondergrens te laten lopen. De ondergrens is gelijk aan de minimale cyclustijd: de som van de tijdsduur van alle handelingen. De ondergrens is nodig, omdat het niet mogelijk is op een greentire sneller te produceren. Op $T = T_2$ verloopt de cyclustijd tussen de onder- en bovengrens en daarmee eindigt de afsteltijd. Er wordt dan geen tijd meer verloren door het afstellen.



Figuur 8 | Schematische weergave afsteltijd

2.7 MEETBAAR MAKEN AFSTELTIJD

In de huidige situatie wordt de afsteltijd gebaseerd op een schatting van de operators. Deze schatting is niet nauwkeurig en daarom is er een methode opgesteld om afsteltijd te meten door middel van machinedata. De methode om afsteltijd te meten wordt beschreven in deze paragraaf. Als eerste wordt er een definitie van afsteltijd opgesteld (2.7.1), waarna wordt beschreven welke data nodig is om afsteltijd te meten (2.7.2).

2.7.1 Definitie afsteltijd

Bij het afstellen na ombouwen ligt de gerealiseerde cyclustijd hoger dan de minimale cyclustijd. De gerealiseerde cyclustijd per greentire bestaat dan uit een minimale cyclustijd + extra cyclustijd die nodig is om een greentire te produceren.

$$\text{Gerealiseerde cyclustijd} = \text{minimale cyclustijd} + \text{extra cyclustijd}$$

De **minimale cyclustijd** is de tijd die nodig is om alle stappen in het bouwproces van een greentire uit te voeren als er geen fouten optreden. De **extra cyclustijd** is variabele tijd bovenop de gewenste cyclustijd die nodig is om een greentire te produceren. De extra cyclustijd wordt veroorzaakt door verschillende factoren, zoals:

- Afstellingen
- Materiaalcorrecties op de bouwmaschine
- Materiaalstoringen
- Menselijke handelingen
- Overige stagnaties

$$\text{Extra cyclustijd} = \text{Afsteltijd} + \text{tijd corrigeren materiaal} + \text{stagnatietijd materiaal} + \dots$$

Door de extra cyclustijd kunnen er minder greentires geproduceerd worden dan gepland en daarom is het een verspilling van tijd. Het doel van afstellen is om de extra cyclustijd veroorzaakt door verkeerde afstellingen te reduceren, zodat er minder tijd verloren wordt in het productieproces. Het proces verloopt dan met de minimale cyclustijd, omdat de machine niet stagneert door de extra cyclustijd. Het is niet mogelijk om het aandeel afstellen in de extra cyclustijd te berekenen, aangezien het aantal procesverstoringen dat optreedt variabel is.

Daarom is de **afsteltijd** van een bouwmaschine de som van de tijdverliezen tussen de minimale en gerealiseerde cyclustijd per greentire die geproduceerd zijn in de afstelperiode. De afsteltijd is geïllustreerd in figuur 8, waarbij de afsteltijd de oppervlakte van het blauwe vlak is.

De **afstelperiode** is de totale tijd die nodig is om de productie binnen de toleranties te laten lopen (tijd tussen T1 en T2). De afstelperiode start op het moment wanneer de eerste parameter wordt gewijzigd, aangezien dan de productie nog niet verloopt zoals het moet horen. De afstelperiode eindigt wanneer de productkenmerken binnen de toleranties vallen en er geen tijd meer verloren wordt door afstellen.

Zodra de productie constant verloopt en de greentires van goede kwaliteit zijn, kan er nog wel worden afgesteld ($T > T_2$). Echter, deze afstellingen hebben geen invloed meer op de cyclustijd. Het productieproces verloopt constant en de halffabricaten van de greentire vallen tussen de toleranties. De afstellingen die gedaan worden zijn kleine verbeteringen in de band, om zo een nog beter product te krijgen. De parameterwijzigingen worden toegepast op de eerstvolgende greentire. Een voorbeeld: tijdens het produceren van de vierde greentire is de bouwmaschine goed afgesteld; de greentires hebben een goede kwaliteit en de cyclustijd is constant. De operator constateert dat de loopvlakas nog één millimeter beter kan en daarom doet hij een afstelling. Deze afstelling kan gedaan worden terwijl de bouwmaschine de vierde greentire produceert. De afstelling wordt toegepast op de eerstvolgende (vijfde) greentire. Aangezien er geen cyclustijd verloren gaat door deze afstellingen, wordt dit niet gedefinieerd als afsteltijd ten gevolge van ombouwen. De bouwmaschine stagneert namelijk niet door het doen van deze afstelling. In de berekening voor afsteltijd is het aantal scrap-banden niet meegenomen, omdat dit niet mogelijk is in het huidige productieproces (§1.3.4).

2.7.2 Meetbaar maken

Om de afsteltijd meetbaar te maken door middel van machinedata, moeten er drie soorten data gebruikt worden: stagnatiedata, aantal afstellingen en cyclustijden. In deze paragraaf is beschreven hoe de afsteltijd door middel van machinedata gemeten kan worden.

1. Bepalen van gerealiseerde cyclustijd

In paragraaf 2.7.1 is geschreven dat de gerealiseerde cyclustijd bestaat uit twee onderdelen: de minimale cyclustijd en de extra tijd. Deze extra tijd wordt niet alleen veroorzaakt door afstellen, maar ook door menselijke fouten en materiaal storingen. Aangezien deze stagnaties geen invloed hebben op de afsteltijd, moeten deze stagnaties uit de data gefilterd worden. Hierdoor wordt alleen de extra cyclustijd gebruikt die wordt veroorzaakt door afstellen.

2. Bepalen parameterwijzigingen

De bouwmaschine registreert iedere parameterwijziging die wordt gedaan door de operator. Een parameterwijziging geeft aan dat er afstelwerk heeft plaatsgevonden. Als er op een gegeven moment geen parameterwijzigingen worden gedaan, dan betekent het dat er geen afstelwerk meer plaatsvindt.

3. Bepalen van minimale cyclustijd

Iedere greentirespecificatie bestaat uit verschillende halffabricaten. Het aanbrengen van deze halffabricaten op de greentire kost tijd, omdat de bouwmaschine de halffabricaten met een bepaalde snelheid aanbrengt op de wikkelklauwenkop en bouwtrammel. De som van de verschillende tijdsduren van alle handelingen vormt de minimale cyclustijd. Daardoor kan de minimale cyclustijd van specificatie A, B en C verschillen, bijvoorbeeld XE, XF en XG seconden respectievelijk. In de praktijk komt het vaak voor dat de cyclustijd van een greentire rondom de minimale cyclustijd ligt. Een voorbeeld is dat de minimale cyclustijd van een specificatie XX seconden bedraagt, maar dat 5 willekeurige greentires van een productierun cyclustijden hebben van seconden. De minimale cyclustijd schommelt dus tussen een boven- en ondergrens. Aangezien de minimale cyclustijd verschilt per specificatie, verschillen ook de boven- en ondergrenzen per specificatie. Om de afsteltijd te berekenen is het belangrijk om deze boven- en ondergrenzen per specificatie te berekenen. De onder- en bovengrenzen kunnen geanalyseerd worden door middel van een histogram, waarbij naar voren komt welke cyclustijd de hoogste frequentie heeft. In appendix 4 is de analyse voor het bereken van de onder- en bovengrenzen verder beschreven. Verder is er een VBA-tool ontworpen, waardoor het berekenen van de onder- en bovengrenzen eenvoudiger wordt.

4. Bepalen van afstelperiode

De afstelperiode eindigt wanneer er geen tijd meer verloren wordt op de productie door het afstellen. Dit is wanneer de cyclustijd constant loopt voor minimaal 5 banden en er geen afstellingen meer gedaan. Als er nog wel parameterwijzigingen gedaan worden, maar de cyclustijd constant verloopt, dan valt dit niet meer onder afsteltijd ten gevolge van ombouwen. Er wordt namelijk niks verloren op deze productie.

2.8 BEREKENING AFSTELTIJD

In deze paragraaf is de afsteltijd in de huidige situatie geanalyseerd door middel van de opgestelde definitie in paragraaf 2.8. De afsteltijd is handmatig berekend (§2.8) door de productie- en machinedata van de bouwmaschine 102. De gebruikte data is van de periode 23 april 2018 tot en met 9 mei 2018, waarin er 57 productieruns hebben plaatsgevonden.

Figuur 9 | Histogram met afsteltijden | vertrouwelijk

De resultaten van de berekening zijn verwerkt tot een histogram (figuur 9). Hieruit volgt dat de gemiddelde afsteltijd 10 minuten bedraagt met een standaardafwijking van 6 minuten. Verder laat de data zien dat de afsteltijd erg variabel is. De validiteit van onderstaand histogram kan worden vergroot door meer productieruns te analyseren.

2.9 KOSTENANALYSE

Naar aanleiding van een gesprek met Michel Hoek, production controller bij Apollo Vredestein, blijkt dat de gemiddelde dekkingsbijdrage van een autoband XX euro bedraagt. De dekkingsbijdrage, ook wel contributiemarge genoemd, is het verschil tussen de gemiddelde opbrengst per product en de variabele kosten per product. Deze marge wordt gebruikt om de constante kosten te betalen, waarbij het restant gerekend wordt als winst (Atkinson, 2011).

$$\text{Dekkingsbijdrage} = \text{Gemiddelde opbrengsten} - \text{Gemiddelde variabele kosten}$$

De maxxen hebben een maximale cyclustijd van XX seconden en dat betekent dat er iedere minuut een greentire geproduceerd wordt. Omdat er iedere minuut een greentire met een gemiddelde dekkingsbijdrage van XX euro geproduceerd wordt, is er aangenomen dat gemiddelde dekkingsbijdrage van de maxxen XX euro per minuut is. In tabel 7 zijn het aantal minuten weergegeven dat maxxen stagneren op ombouwen en afstellen. De stagnatiedata voor ombouwen en afstellen is uit PIBS gehaald (periode 1 maart 2017 – 28 februari 2018).

	98	102	Totaal
Afstellen t.g.v. ombouwen			
Ombouwen			
Totaal			

Tabel 7 | Aantal minuten afstellen en ombouwen per jaar per machine | Vertrouwelijk

Met de gegevens in tabel 7 en de dekkingsbijdrage van de maxxen per minuut, zijn de gemiste opbrengsten door het ombouwen en afstellen berekend. De volgende formules zijn gebruikt voor de berekening:

$$\text{Gemiste opbrengsten (ombouwen)} = \text{Aantal minuten stagnatie ombouwen} * \text{dekkingsbijdrage}$$

$$\text{Gemiste opbrengsten (afstellen)} = \text{Aantal minuten stagnatie afstellen} * \text{dekkingsbijdrage}$$

De gemiste opbrengsten door ombouwen en afstellen zijn weergegeven in tabel 8.

	98	102	Totaal

Tabel 8 | Gemiste opbrengsten ombouwen en afstellen per jaar | Vertrouwelijk

Alinea verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

	98	102
Afstellen t.g.v. ombouwen		
Ombouwen		
Totaal		

Tabel 9 | Gemiddelde tijdsduur ombouwen en afstellen voor een specificatiewissel in minuten | Vertrouwelijk

$$\text{Aantal keer ombouwen per dag} = \frac{\text{Aantal ombouwen per jaar op bouwmaschine X}}{365 \text{ dagen}}$$

$$\text{Gemiddelde duur} = \frac{\text{Aantal minuten per jaar}}{\text{aantal keer per jaar}}$$

Door eerst de variantie in afsteltijd te reduceren en vervolgens de afsteltijd te reduceren, kunnen de gemiste opbrengsten door ombouwen en afstellen gereduceerd worden. Door gemiddeld per ombouw 1 minuut minder af te stellen, reduceert de afsteltijd met 3452,90 minuten per jaar. Daardoor reduceren de gemiste opbrengsten met 100 euro per minuut per jaar.

$$\text{Afsteltijdreductie} = \text{aantal minuten} * 365 \text{ dagen} * (\text{totaal aantal ombouwen per jaar})$$

$$\text{Reductie gemiste opbrengsten} = \text{reductie in minuten} * \text{dekkingsbijdrage per minuut}$$

Validiteit en betrouwbaarheid berekening

Deze alinea is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie.

2.10 SAMENVATTING

Er zijn verschillende bouwmachines bij Apollo Vredestein: maxxen, automaten en halfautomaten. De bouwmachines hebben verschillende eigenschappen, waardoor verschillende soorten greentires geproduceerd kunnen worden. Uit de stagnatiedata is gebleken dat de bouwmachines maxxen (machine 98 en machine 102) het meeste stagneren op jaarbasis. Daarom is dit onderzoek afgebakend tot deze bouwmachinegroep. De maxxen bestaan uit twee onderdelen: de wikkelklauwenkop en een bouwtrummel. Dit zijn twee cilinders waaromheen de rechte materialen worden gewikkeld. De twee delen van de greentire worden in het midden van de bouwmachine samengevoegd tot één greentire (2.1).

Om een andere bandenspecificatie te bouwen op de maxxen, moet de bouwmachine worden omgebouwd. Ombouwen is het overschakelen naar het bouwen van een andere bandenspecificatie. Hiervoor moeten nieuwe halffabricaten geplaatst worden in de bouwmachine en moeten enkele onderdelen van de bouwmachine vervangen worden (2.2).

Na het ombouwen vindt er vaak afstelwerk plaats om een constante productiesnelheid te bereiken en greentires te produceren van gewenste kwaliteit. Afstellen is het finetunen van de parameters op de bouwmachine, om zo het proces zonder verstoring te laten verlopen en om autobanden te produceren die voldoen aan de eisen. Onder afstellen valt het centreren van de materialen op de machine en het wijzigen van de parameters. Het doel van het afstellen is om de kans op defecten zodanig klein te maken, dat de machine automatisch kan draaien zonder menselijke ingrijpen. De machine draait op dat moment binnen zijn eigen toleranties en binnen de toleranties van de operator (2.3).

Er kan worden afgesteld door middel van parameter A en Parameter B. Een Parameter A is een eigenschap van een greentire. Een voorbeeld van een Parameter A is 'loopvlaklengte', waarin staat hoeveel millimeter loopvlak de bouwmachine moet afsnijden van de voorraadrol. Vervolgens wordt het afgesneden loopvlak aangebracht op de wikkelklauwenkop. Ook kan er worden afgesteld door middel van Parameter Bs. Een Parameter B kan worden toegepast als de eigenschappen van de greentire niet binnen de toleranties valt. Door een Parameter B te veranderen, kunnen de eigenschappen van een greentire beter worden (afstellen, 2.5).

Het afstellen kost tijd, waardoor de bouwmachine minder kan produceren. De gemiste opbrengsten door het afstellen bedragen XX euro op jaarbasis voor beide maxxen. In de huidige situatie wordt afsteltijd gebaseerd op een schatting van de operators die na het afstellen wordt geregistreerd in het systeem. Daardoor is de huidige manier van meten erg onbetrouwbaar en niet valide. Er is een methode opgesteld om afsteltijd te baseren op machinedata. Hierdoor kan de afsteltijd op een betrouwbare manier gemeten worden en wordt de validiteit hoger. Er zijn verschillende soorten data nodig om de afsteltijd te meten door middel van machinedata. Deze stappen zijn beschreven in paragraaf 2.6 -2.8.

3. ANALYSE

In hoofdstuk 3 is de probleemanalyse beschreven van het onderzoek. Daarvoor zijn eerst de mogelijke factoren in kaart gebracht die invloed hebben op afsteltijd door middel van een Ishikawa diagram (3.1). Op basis van deze analyse is er verder verdiept in de afstellingen die worden gedaan op de bouwmaschine en de machine-instellingen (3.2). Hieruit is geconcludeerd dat de meeste afstellingen worden gedaan op het loopvlak en daarom is er meer onderzoek gedaan naar de afstellingen die worden gedaan op het loopvlak (3.3). De belangrijkste bevindingen zijn samengevat in paragraaf 3.4.

3.1 PROBLEEMIDENTIFICATIE

In deze paragraaf worden de mogelijke factoren beschreven die invloed kunnen hebben op de afsteltijd. Deze factoren zijn voortgekomen uit de interviews met de operators en het observeren van verschillende werkwijzen tijdens het afstellen. Daarom dienen deze factoren als oriëntatie en zal met verder onderzoek bepaald moeten worden in welke mate ze de afsteltijd beïnvloeden. Het categoriseren van alle oorzaken is gedaan door middel van het Ishikawa model (6M) en is weergegeven in figuur 10. Het Ishikawa diagram is een middel om mogelijke oorzaken te verzamelen en te categoriseren op verschillende aspecten (Machine, Methode, Materiaal, Man, Meten en Milieu) (Theisens, 2016). De uitwerkingen van de interviews zijn beschreven van 3.1.1 t/m 3.1.6.

Er zijn verschillende methoden gebruikt om de situatieanalyse zo compleet mogelijk te maken. Als eerste is het afstelproces opgedeeld in verschillende stappen (§2.4), om vervolgens per stap te onderzoeken welke afstellingen er mogelijk zijn. Daarna zijn er interviews gehouden met meerdere operators uit verschillende ploegen (ploeg A t/m ploeg E) van bouwmaschine 98 en 102. Daarna is er door middel van een data-analyse onderzocht in hoeverre de resultaten uit de interviews waar zijn en welke andere factoren invloed hebben op afsteltijd.

3.1.1 Mens

De categorie 'mens' gaat over alle mensen die betrokken zijn in het proces. Bij het afstellen hebben de operators en procestechnologen invloed op het afstelproces. De **operators** hebben direct invloed op de greentires, omdat zij de machine bedienen en afstellingen (parameterwijzigingen) kunnen doen. Er wordt gewerkt in vijf verschillende ploegen bij Apollo Vredestein. Er wordt een standaard werkwijze gehanteerd voor het ombouwen, maar die wordt niet op alle punten nageleefd.

Verder hebben de **procestechnologen** van BT4 invloed op de recepten van de specificaties. Zij proberen om een zo goed mogelijk recept te maken voor beide bouwmachines. Door te recepten te optimaliseren, kan ervoor gezorgd worden om zo min mogelijk banden af te stellen.

3.1.2 Methode

De categorie 'methode' gaat over hoe het proces wordt uitgevoerd. Apollo Vredestein hanteert een standaardwerkwijze voor het bedienen van de bouwmachines. In deze standaardwerkwijze is bijvoorbeeld beschreven hoe er gehandeld moet worden bij het opstarten, productie, ombouwen en het uitdraaien (Apollo Vredestein B.V. , 2016). Uit het onderzoek is gebleken dat de volgende processtappen invloed hebben op het afstellen, die vervolgens worden uitgewerkt:

- Het controleren van de afmetingen en het centreren van de machineonderdelen
- Het veranderen van de Parameter B naar nul
- Het ontbreken van een definitie voor afstellen
- Het moment om te beginnen met afstellen
- Complexiteit van afstellen

Afmetingen controleren en centreren van machineonderdelen

Na iedere ombouw volgt het opmeten van de onderdelen en het centreren van de materialen op de bouwmaschine. Deze handelingen kunnen op twee manieren uitgevoerd worden, namelijk elektronisch en handmatig. De machine meet met diverse sensoren bijvoorbeeld de omtrek van de wikkeldauwenkop en in hoeverre de materialen gecentreerd liggen. Sommige onderdelen moeten nog handmatig worden opgemeten, omdat de machine dit niet meet.

Uit het bestuderen van de verschillende werkwijzen bij het centreren en controleren van de afmeting is gebleken dat iedere operator zijn eigen manier van meten heeft. Sommige operators proberen zo veel mogelijk 'elektronisch' op te meten door middel van de machine, terwijl andere operators alle onderdelen handmatig opmeten, aangezien zij de sensoren van de machine niet vertrouwen. In totaal worden er een tiental onderdelen gecontroleerd bij het opmeten en daarom neemt het handmatig controleren al snel enkele minuten meer in beslag. In de standaardwerkwijze is niet gedefinieerd hoe dit opgemeten moet worden en daarom zijn beide werkwijzen goed. Echter, het zorgt wel voor variabiliteit in afsteltijd.

Het veranderen van de Parameter B naar nul

In de huidige situatie worden Parameter Bs niet veranderd naar nul bij het ombouwen naar een andere bandenspecificatie. De afstellingen die gedaan zijn op de bouwmaschine, gelden daardoor ook voor de volgende bandenspecificatie. Hierdoor wordt er aangenomen dat de volgende specificatie dezelfde afstellingen nodig heeft, terwijl deze band andere materiaaleigenschappen kan hebben. Daardoor kan het materiaal anders reageren op de machine en hoeven de afstellingen van de vorige specificatie niet te gelden voor de nieuwe bandenspecificatie.

Een voorbeeld hiervan is dat er voor ombouwen van de bouwmaschine, er een greentire is geproduceerd met een zacht loopvlak (specificatie A). Op deze greentire zijn enkele afstellingen gedaan. Vervolgens wordt er omgebouwd naar specificatie B, zodat er een greentire geproduceerd kan worden met een hard loopvlak. Aangezien de afstellingen niet automatisch naar nul veranderen, gelden de afstellingen van specificatie A nu ook voor specificatie B. De afstellingen moeten handmatig teruggezet worden om opnieuw te beginnen met afstellen. De afstellingen van specificatie A hoeven namelijk niet voor specificatie B te gelden.

Uit een gesprek met Peter Karagoz, engineer bouwmachines, blijkt dat de maxxen niet de mogelijkheid hebben om de Parameter B per recept per machine op te slaan. Daarnaast is er al een onderzoek uitgevoerd op bouwmaschine 92 naar het veranderen van alle Parameter B naar nul. Hieruit bleek dat operators langer bezig waren met afstellen als alle Parameter B naar nul worden veranderd. Een voorbeeld hiervan is dat de Parameter B voor centreren vaak kloppen voor meerdere specificaties en daarom geven ze de gewenste resultaten. Kortom, het resetten van *alle* Parameter B naar nul is geen optie.

Het ontbreken van een definitie voor afstellen

Uit de interviews is gebleken dat iedere operator een eigen definitie heeft van afstellen ten gevolge van ombouwen. Een verklaring hiervoor is dat er bij Apollo Vredestein nog geen definitie is opgesteld van afstellen ten gevolge van ombouwen. Sommigen vinden dat het centreren deel uit maakt van het afstellen, terwijl anderen alleen de parameterwijzigingen beschouwen als afstellen. Iedere werknemer gebruikt daarom zijn eigen definitie, waardoor er verschillende maatstaven worden gebruikt.

Daarnaast heeft iedere operator een eigen oordeel wanneer een greentire goed is gebouwd. Daarom stopt de ene operator zodra het afstellen van de greentire binnen de tolerantiegrenzen valt, terwijl de andere operator streeft naar (meer) perfectie. Daarom gaat hij langer door met afstellen, ook al vallen de eigenschappen van de band al binnen de toleranties. Als de operator klaar is met afstellen, dan kan de bouwmaschine weer in automatische modus gezet worden, waardoor de machine op 'normale' snelheid produceert.

Het moment om te beginnen met afstellen

Verder begint iedere operator op een ander moment met afstellen. Sommige operators beginnen direct bij de eerste band met afstellen om zo problemen op te lossen, terwijl anderen pas beginnen met afstellen bij de tweede band. De genoemde reden hiervoor is dat je bij de tweede band pas kan zien of het een fout van de eerste greentire is of dat het een blijvende fout is. Als het probleem nog steeds optreedt bij de tweede band, dan weet de operator dat dit opgelost moet worden. De verschillende momenten voor het beginnen van afsteltijd, zorgt voor variatie in het afstelproces.

Complexiteit van afstellen

Als er een probleem optreedt bij de productie van een greentire, dan kan dat meerdere oorzaken hebben. Een voorbeeld hiervan is dat de las van de PA niet goed aansluit. Dit kan veroorzaakt worden door de druk van de aanbrengrollers, maar ook doordat de lengte niet goed is afgesneden of door de materiaaleigenschappen van de halffabricaat. De operator moet dit probleem oplossen, maar daarvoor zijn verschillende oplossingen. Zo kan een

operator de druk van de aanbrengrrollers wijzigen, maar ook een lengtecorrectie toepassen. Dit illustreert dat het erg lastig is om direct de juiste oplossing te vinden. Daarnaast is het ook mogelijk dat de ene parameterwijziging effect heeft op een andere parameter, waardoor deze parameter ook weer aangepast moet worden. Aangezien het grote aantal parameterwijzigingen dat gedaan kan worden, is het niet mogelijk om de relaties tussen verschillende parameterwijzigingen te kwantificeren.

3.1.3 Materiaal

In de categorie ‘materiaal’ worden alle factoren behandeld die invloed hebben op afstellen en veroorzaakt wordt door de materialen van het product. Een van de meest genoemde oorzaken van het afstellen ten gevolge van ombouwen gaat over de materiaaleigenschappen van rubber. Rubber is een bewerkelijk product dat altijd anders reageert op de omgeving.

Naast de omgevingsfactoren, wordt de kwaliteit van het rubber ook bepaald door de nieuwigheid, elasticiteit, dikte en strakheid om de rol. Al deze factoren kunnen ervoor zorgen dat het materiaal anders reageert op de bouwmaschine, waardoor er soms meer of minder afstelwerk nodig is. Daardoor kan de afsteltijd variëren.

Een greentire bevat verschillende componenten, zoals het loopvlak, PA, ply's en gordels. In §3.2.2 is er verder onderzoek gedaan naar de componenten van de greentire die vaak worden afgesteld.

3.1.4 Milieu

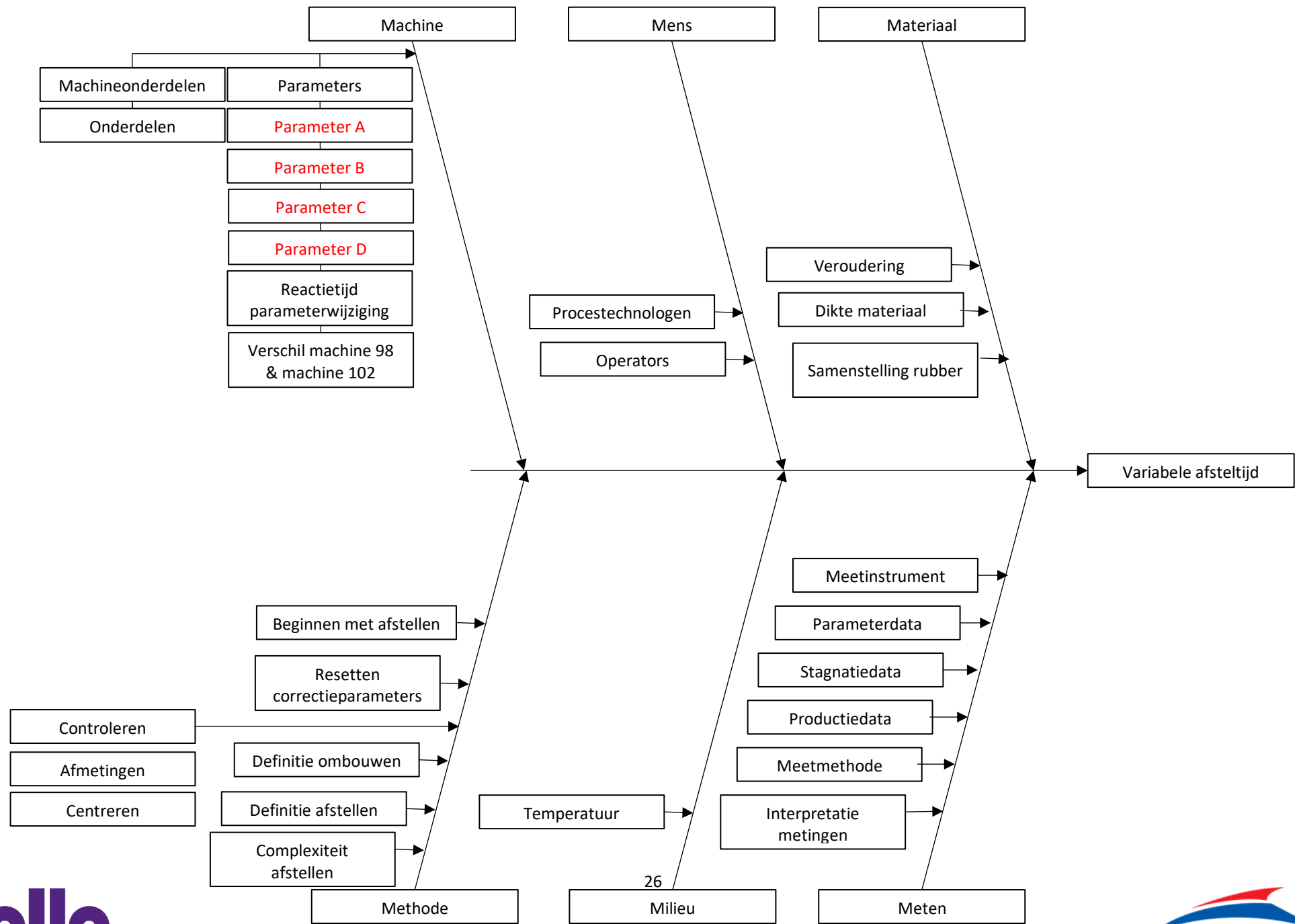
In de categorie ‘milieu’ zijn alle factoren behandeld die invloed hebben op het afstellen en worden veroorzaakt door de omgeving waarin het proces plaatsvindt. Zoals beschreven in §3.1.4 heeft rubber invloed op de afsteltijd. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met de omgevingsfactoren, zoals temperatuur, luchtvochtigheid. De materiaaleigenschappen van rubber worden beïnvloed door de temperatuur en luchtvochtigheid in de fabriek. Daardoor kan het rubber onder deze omstandigheden anders reageren op de bouwmaschine, waardoor er ook meer of minder afstelwerk nodig is.

3.1.5 Meting

In de categorie ‘meting’ worden alle factoren behandeld die invloed hebben op afsteltijd en worden veroorzaakt door het meten van afsteltijd. In de huidige situatie (§2.5), wordt de afsteltijd gemeten op basis van een schatting van de operators. Daarbij wordt er gekeken naar het type ombouw, om zo te bepalen hoelang het afstellen ‘ongeveer’ geduurd heeft. Daardoor heeft de operator in deze situatie een grote invloed op het meten van de afsteltijd.

Een andere manier van meten is doormiddel van de definitie die is beschreven in hoofdstuk 2. Daaruit volgt dat er drie soorten gegevens nodig zijn om de afsteltijd te berekenen, namelijk: stagnatiedata, parameterwijzigingen en productiedata. De drie verschillende typen data worden geregistreerd en opgeslagen op de bouwmaschine. De betrouwbaarheid van deze data is voor een deel afhankelijk van de betrouwbaarheid van de bouwmaschine. Als een meetsensor anders is ingesteld dan verwacht, dan registreert de machine al andere data. Verder moet de mens de data interpreteren, om de afsteltijd te berekenen. Een voorbeeld hiervan is dat de mens moet bepalen wanneer er geen parameterwijzigingen meer worden gedaan en op welke momenten de machine stagneert door de operator of door het materiaal. Deze factoren kunnen ook invloed hebben op de validiteit van de variabele afsteltijd.

Figuur 10 | Isikawha diagram afsteltijd



3.1.6 Machine

De greentires worden gebouwd op verschillende bouwmachines. In dit onderzoek wordt er gefocust op bouwmachine 98 en bouwmachine 102. Iedere bouwmachine heeft specifieke eigenschappen, die invloed hebben om het aantal afstellingen van de bouwmachine. In deze paragraaf worden de machine-eigenschappen behandeld die invloed hebben op het aantal afstellingen.

Reactietijd parameterwijzigingen

In de standaardwerkwijze is beschreven dat de operator de bouwmachine tijdens het afstellen in handmatige modus moet zetten. Dit houdt in dat de bouwmachine de volgende handeling pas uitvoert zodra de operator daarvoor de opdracht geeft. De machine staat dan stil na iedere handeling, waardoor het mogelijk is om de onderdelen en materialen te controleren. Echter, zodra de operator de machine in handmatige modus zet, wordt de aanvoer van materialen nog niet in handmatige modus gezet. Daarvoor moeten zes aparte knoppen worden ingedrukt, zodat de bouwmachine geen materialen meer voorbereidt op de aanbrengrbaan. Het voordeel hiervan is dat parameters al direct bij de volgende band zijn aangepast, in plaats van 1 of 2 greentires later. Uit het bestuderen van de werkwijze van de operators blijkt dat iedere operator de machine in handmatige modus zet. Echter, sommige operators vergeten om de materiaalaanvoer ook in handmatige modus te zetten.

Relatie tussen recept en machine

Bij Apollo Vredestein wordt er één recept gebouwd om verschillende machines. In deze paragraaf worden de mechanische verschillen van de bouwmachines uitgewerkt. Vervolgens wordt er ingegaan op de verschillen tussen beide machines op softwareniveau.

De twee maxxen (bouwmachine 98 en 102) waarop greentires gebouwd worden behoren tot hetzelfde soort bouwmachine. Echter, bouwmachine 102 is nieuwer en geavanceerder dan bouwmachine 98. Daardoor komen de machines grotendeels overeen, maar zijn er toch enkele mechanische verschillen tussen de machines. De grootste mechanische verschillen tussen machine 98 en machine 102 hebben betrekking tot Onderdeel A en Onderdeel B. In tabel 10 zijn de twee grote verschillen tussen de bouwmachines beschreven, die volgden uit een gesprek met Peter Karagoz. Deze verschillen hebben betrekking tot het aanbrengen van het materiaal en manier waarop de bouwtrommels werken.

	Bouwmachine 98	Bouwmachine 102
Onderdeel A		
Onderdeel B		

Tabel 10 | Grootste verschillen tussen machine 98 en machine 102 | Vertrouwelijk

In figuur 11 is het verschil in aanbrengrollen weergegeven, waaruit ook blijkt dat bouwmachine 102 veel complexer is dan bouwmachine 98. Ieder blok met een letter/cijfer stelt een segment van de aanbrengr rol voor. Ieder segment van de aanbrengr rol kan afzonderlijk afgesteld worden.

Figuur 11 | Verschillen aanbrengrollen bouwmachine 98 en 102 | Vertrouwelijk

Verder verschillen beide bouwmachines ook op softwareniveau. De machine-instellingen bestaan uit Parameter C en Parameter D. Uit de analyse van de machine- en kalibratieparameters van bouwmachine 98 en bouwmachine 102 blijkt dat niet alle parameters zijn ingesteld op dezelfde waarde. Er wordt dus één recept gedraaid op twee machines, die anders ingesteld zijn op specifieke onderdelen. Hierop wordt verder ingegaan in §3.2.1.

Door de verschillen in de machines draait er een goed recept op beide machines, maar dat niet geoptimaliseerd is voor een specifieke machine. Er moet dus afgesteld worden om het recept te optimaliseren voor de specifieke machine.

Parameter A en Parameter B

Ook zijn veel operators van mening dat de Parameter A in het recept niet kloppen. Daarom moeten operators vaak (dezelfde) parameters aanpassen om zo tot een goed product te komen. In paragraaf 3.3.3 wordt er dieper ingegaan op de foute Parameter A.

Dit staat in verband met het feit dat Parameter A niet worden opgeslagen op de machine. Iedere keer dat een specificatie gebouwd wordt, worden de Parameter A weer ingeladen volgens de waarden van het recept. Zodra de operator een Parameter A aanpast, bijvoorbeeld de lengte van het loopvlak, dan heeft dat alleen invloed op dat moment. Als de volgende dag weer dezelfde specificatie gemaakt wordt, dan is deze Parameter A weer teruggezet naar de waarde volgens het recept.

Als een recept goed in de machine staat, dan zou dit geen invloed hebben op de afsteltijd. Echter, zodra een operator iedere keer dezelfde parameter moet aanpassen bij het bouwen van dezelfde specificatie, dan kan de afsteltijd gereduceerd worden door de parameterwijzigingen juist wel op te slaan. Echter, de vraag hierbij is of het gewenst is dat operators recepten kunnen aanpassen. In eerste instantie moeten de recepten namelijk goed in het systeem staan, waardoor er niet of nauwelijks afgesteld hoeft te worden.

3.2 PARAMETER WIJZIGINGEN

In deze paragraaf zijn de afstellingen (parameterwijzigingen) van bouwmaschine 102 geanalyseerd. De vier verschillende soorten machine parameters zijn onderzocht, om zo de onderdelen van de machine te vinden waar het meeste wordt afgesteld. Er is gebleken dat de meeste afstellingen worden gedaan op het loopvlak.

3.2.1 Parameterwijzigingen op de maxxen

Op de bouwmachines zijn vier verschillende soorten parameters (paragraaf 2.5). Dit zijn Parameter C, Parameter D, Parameter B en Parameter A.

De informatie over de parameters is weggelaten in verband met vertrouwelijkheid

Door middel van machine- en productiedata is er onderzocht welke invloed de verschillende parameters hebben op de bouwmaschine en de greentire.

Parameter C en Parameter D

Er zijn twee grote (mechanische) verschillen zijn tussen bouwmaschine 98 en 102 (§3.1.3). Daarnaast is er ook nog een verschil op softwareniveau, namelijk dat machine-instellingen verschillen.

In totaal zijn er 55 machine-instellingen, waarvan er 17 verschillen. In tabel 11 zijn de waarden/ instellingen voor de machine- en kalibratieparameters op bouwmaschine 98 en 102 weergegeven, waaruit blijkt dat er enkele (grote) verschillen zijn op softwareniveau. Een voorbeeld hiervan is de instelling 'B&T Drum Apply speed Breaker 1/2'. Deze machine-instelling bepaalt met welke snelheid de machine de gordels (een halffabricaat) aanbrengt op de wikkelklauwenkop. Op machine 98 worden de gordels met 1500 mm/seconde aangebracht, terwijl deze snelheid 1000 mm/seconde bedraagt op bouwmaschine 102. Het grote aantal factoren dat invloed heeft op afsteltijd en de verschillen in machine- en kalibratieparameters kan ervoor zorgen dat het recept net anders reageert op bouwmaschine 98 dan op bouwmaschine 102.

Parameter	Machine 98	Machine 102	Vershil	Eenheid

Tabel 11 | Verschillen machine- en kalibratieparameters bouwmachines | Vertrouwelijk

Parameter A en Parameter B

In totaal zijn er XX instellingen (Parameter A) die de opbouw (eigenschappen) van een greentire bepalen. Tijdens het afstellen kunnen XX Parameter B worden veranderd en een tiental Parameter A, omdat de operator niet de bevoegdheid heeft om alle Parameter A in te stellen. De parameters zijn onderverdeeld in categorieën om zo te bestuderen in welke mate een parameterwijziging invloed heeft op het proces. De keuze voor de categorieën is gebaseerd op de onderdelen van de bouwmaschine, namelijk: ply 1, ply 2, gordel 1, gordel 2, PA, loopvlak en de zijkanen, om zo te achterhalen op welk onderdeel de meeste afstellingen worden gedaan.

In figuur 12 zijn alle product- en Parameter B in de periode van 22 april 2018 – 06 juni 2018 weergegeven in een pareto diagram. Als eerste is alle niet-relevante data uit de database verwijderd, om zo alleen de data te gebruiken uit de afstelperiode. Dit is gedaan door de productiedata te vergelijken met de tijdstippen waarop er is afgesteld. Bijvoorbeeld: na 60 minuten vinden er geen afstellingen meer plaats ten gevolge van ombouwen, waardoor het niet relevant is om deze parameterwijzigingen te betrekken in het onderzoek. Uit figuur 12 is te concluderen dat 65% van alle parameterwijzigingen wordt gedaan op de ply 1, het loopvlak en de PA. In paragraaf 3.2.2 wordt er verdiept in afstellingen op de ply, het loopvlak en de PA. Hiermee wordt achterhaald waarom deze onderdelen zo vaak worden afgesteld.

Figuur 12 | Parameterwijzigingen per component | Vertrouwelijkheid

3.2.2 Parameterwijzigingen componenten greentire

In paragraaf 3.2.1 is geconcludeerd dat 65% van alle afstellingen wordt gedaan op ply 1, het loopvlak en de PA. In figuur 13 zijn alle afstellingen die worden gedaan op deze drie onderdelen weergegeven. Het betreft alleen data uit de afsteltijd uit de periode van 23 april 2018 tot 06 juni 2018.

Figuur 13 | Parameterwijzigingen bouwmaschine 102 | Vertrouwelijkheid

Aangezien er veel factoren de afsteltijd beïnvloeden, is er besloten om het onderzoek verder te specificeren op een onderdeel. Deze keuze is gebaseerd op het onderdeel waar de meeste winst te behalen valt, namelijk het loopvlak. Het loopvlak staat op de eerste plaats in de Pareto en daarom is er meer onderzoek gedaan naar het loopvlak.

In figuur 14 is weergegeven wat de relatie is tussen het verbeteren van de loopvlaklengtecorrecties en afsteltijd. Doordat er een open las ontstaat bij het loopvlak, moet de las gecorrigeerd worden. Daarnaast moeten er parameters worden gewijzigd om de las bij de volgende greentires te verbeteren. Dit kost tijd en door de oorzaak weg te nemen van een foute loopvlaklas, vindt er minder afstel- en correctiewerk plaats. Daardoor daalt de (variatie in) afsteltijd.



Figuur 14 | Relatie loopvlaklengte en afsteltijd

3.3 HET LOOPVLAK

Uit paragraaf 3.2.2 is gebleken dat de meeste afstellingen worden gedaan bij het aanbrengen van het loopvlak. Daarom wordt er in deze paragraaf het aanbrengen van het loopvlak verder onderzocht. Als eerste wordt beschreven hoe het loopvlak wordt aangebracht op de greentire (3.3.1). Vervolgens worden de afstellingen op het loopvlak onderzocht (3.3.2). Uit deze analyse zijn enkele hypothesen gekomen, die worden beschreven in paragraaf 3.3.3 en 3.3.4. Er is gekozen om gebruik te maken van de 'hypothese-vorm', omdat het bleek dat de factoren invloed hebben op het afstellen, maar niet in welke mate de factoren invloed hebben op het afstellen.

3.3.1 Aanbrengen van het loopvlak

Het loopvlak wordt aangebracht door middel van het loopvlakstation. Het bevindt zich tussen de twee gordelstations en zorgt voor het aanvoeren, het op lengte snijden en aanbrengen van het materiaal op de wkk (van Lier, 2011). Het loopvlakstation bestaat uit zes onderdelen (figuur 15):

Figuur 15 | Loopvlakstation (Overgenomen van MSO Automaat 98) | Vertrouwelijk

3.3.2 Afstellen van het loopvlak

Een operator heeft het afwikkelen en aanbrengen van het loopvlak stap voor stap laten zien bij de bouwmaschine. Uit deze uitleg en observatie is naar voren gekomen welke stappen in het proces kunnen zorgen voor afstellen van het loopvlak:

Deze paragraaf is weggelaten in verband met vertrouwelijke informatie over het bouwen van een autoband.

3.3.3 Relatie receptwaarde en afkortlengte

Deze paragraaf is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie over het bouwen van een autoband en de machine-instellingen.

3.3.4 Machineverschillen

Deze paragraaf is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie over de bouwmachines.

3.4 SAMENVATTING

In hoofdstuk 3 is er onderzocht welke factoren invloed hebben op de afsteltijd. In deze paragraaf worden de belangrijkste conclusies samengevat. Uit paragraaf 3.1 is gebleken dat er bij Apollo Vredestein geen standaardwerkwijze is voor het afstellen van de bouwmachines. Door de verschillende manieren en handelingen in afstellen ontstaat er variatie in afsteltijd.

Het afstellen wordt gedaan op bouwmachine 98 en bouwmachine 102. Deze bouwmachines behoren tot hetzelfde type, maar ze verschillen zowel op mechanisch- en softwareniveau (3.1 en 3.2). Beide bouwmachines staan ingesteld op andere machine-instellingen, terwijl hetzelfde recept wordt gebruikt. Daardoor wordt er een goed recept gebouwd op de bouwmachines, maar het moet nog wel geoptimaliseerd worden.

Ook is gebleken dat de meeste afstellingen worden gedaan op het aanbrengen van het loopvlak. Het loopvlak kan worden afgesteld door middel van Parameter A en Parameter B. Parameter B zorgt ervoor dat het materiaal ingedrukt of uitgerekt wordt op de wikkellauwenkop, zodat het begin- en eindpunt beter aansluiten. Een Parameter A zorgt ervoor dat er een andere loopvlaklengte wordt afgesneden van de voorraadrol met loopvlakmateriaal. Uit de analyse van het loopvlak zijn vijf hypothesen gekomen.

Er is gekozen voor de hypothesevorm, omdat uit het onderzoek is gebleken dat deze factoren invloed hebben op de afsteltijd. Echter, er kan niet geconcludeerd worden in welke mate ze afsteltijd beïnvloeden. In hoofdstuk 4 worden mogelijke oplossingen beschreven. Eerst wordt er meer onderzoek gedaan naar de effecten van een product- en Parameter B om zo de juiste werkwijze te bepalen. De auteur heeft een design of experiments (DOE) opgesteld, waarmee de effecten van een product- en Parameter B worden onderzocht. Vervolgens worden mogelijke oplossingen beschreven om de afsteltijd te reduceren.

4. IMPROVE

In hoofdstuk 4 is beschreven op welke manieren de variatie in afsteltijd gereduceerd kan worden. Er is een DOE uitgevoerd door de auteur om de effecten van een Parameter A en Parameter B te onderzoeken. De resultaten en conclusies van het experiment zijn beschreven. Daarna volgen verschillende directe- en indirecte oplossingen om de afsteltijd ten gevolge van ombouwen te reduceren.

4.1 PARAMETER B VS. PARAMETER A

Uit hoofdstuk 3 is het vermoeden gekomen dat een productie- en Parameter B niet dezelfde invloed hebben op de loopvlaklengte. Daarom is er een experiment opgesteld om de volgende hypothese verder te onderzoeken:

Hypothese: Parameter A en Parameter B hebben niet hetzelfde effect op de loopvlaklengte.

Het doel van het experiment was om de verschillen tussen een Parameter A en Parameter B in kaart te brengen, om zo doelgerichter af te stellen. Om deze hypothese te testen is een 'design of experiments' (DOE) opgesteld door de auteur. Een design of experiments is een systematische en efficiënte manier om experimenten uit te voeren, waarmee de invloed van en interactie tussen 2 (of meer) factoren onderzocht worden (Theisens, 2016). In deze paragraaf wordt de proefopstelling kort samengevat, waarna de resultaten besproken worden. In appendix 10 zijn de proefopstelling en resultaten in meer detail beschreven.

4.1.1 Proefopstelling

De inputfactoren van het experiment zijn de instellingen van de product- en Parameter B op de bouwmaschine. De Parameter A heeft invloed op de loopvlaklengte die wordt afgesneden en de Parameter B heeft invloed op de synchroonverhouding van de wikkelklauwenkop (wkk). Het doel van een parameterwijziging op het loopvlak is om de las te verbeteren. Daarom is er gekozen om de afkortlengte en de loopvlaklas als outputfactor te kiezen. In figuur 21 is het verband tussen de input- en output factoren geïllustreerd.

Tijdens het experiment zijn er drie instellingen voor de Parameter A (-5, 0 en 5 millimeter) en drie instellingen voor de Parameter B (-5, 0 en 5 millimeter), waardoor er in totaal negen (3^2) metingen gedaan zijn en twee replicaties. Bij iedere parameterinstelling wordt de lengte van de loopvlaklas gemeten en de gemeten afkortlengte genoteerd. De loopvlaklas is gemeten door middel van een digitale schuifmaat en de afkortlengte is gemeten door de sensoren op de bouwmaschine die op 1/10 millimeter kunnen meten.

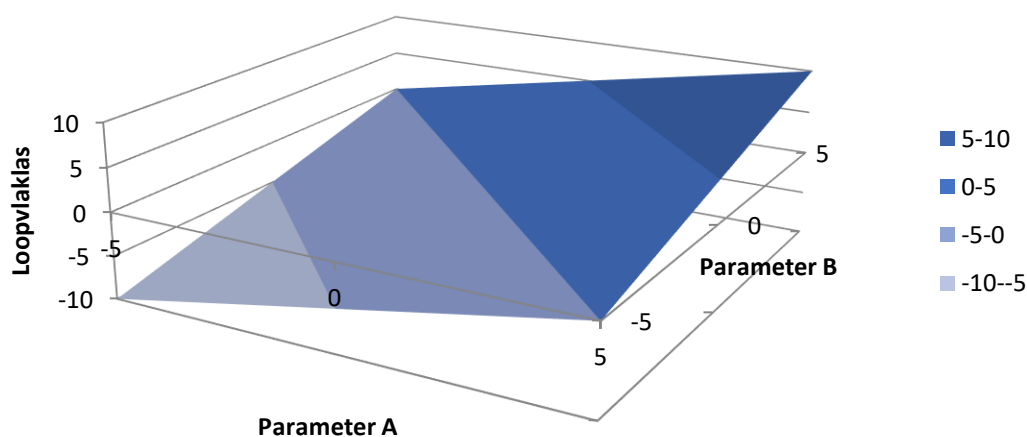
Parameter A en Parameter B zijn handmatig ingesteld en uitgevoerd volgens een vast schema. Vervolgens is er na het aanbrengen van het loopvlak de lengte van las en de gemeten afkortlengte genoteerd, waarna parameters zijn veranderd voor de volgende meting.

Figuur 21 | Relatie tussen input- en output factoren | Vertrouwelijk

In de gewenste situatie heeft een parameterwijziging een lineair effect. Dat betekent dat als de afkortlengte van het loopvlak 5 millimeter korter wordt gesneden, dan zou de lengte van de loopvlaklas ook 5 millimeter korter moeten zijn. Hetzelfde principe geldt voor een Parameter B. Als een Parameter B 5 millimeter kleiner wordt gemaakt, dan moet het materiaal ook 5 millimeter in elkaar worden gedrukt. Dit is geïllustreerd in figuur 22, waarbij er verschillende assen zijn:

- **Horizontale as:** instelling Parameter B
- **Diepte as:** instelling Parameter A
- **Verticale as:** Lengte van loopvlaklas

Gewenste situatie



Figuur 22 | Gewenste relatie tussen Parameter A en Parameter B

In totaal zijn er 18 metingen verricht. De parameterinstellingen per meting en de resultaten zijn beschreven in tabel 17.

Parameterwijziging		Loopvlaklas (mm)		Gemeten afkortlengte (mm)		
Product	Correctie	Meting 1	Meting 2	Meting 1	Meting 2	Setpoint LV

Tabel 17 | Resultaten Design of Experiments | Vertrouwelijk

4.1.2 Resultaten DOE

De metingen van de loopvlaklas en de afkortlengte zijn bijgevoegd in appendix 10. Uit deze resultaten kan het volgende geconcludeerd worden:

- Op basis van de gemeten loopvlaklengtes door bouwmaschine 102 kan geconcludeerd worden dat de afkortlengtes gemiddeld 1 millimeter korter zijn dan de ingestelde afkortlengte. Daarbij is er ook een kleine standaardafwijking die varieert tussen de 0,16 en 0,467 millimeter. Daardoor hebben de Parameter A een nauwkeurige invloed op de afkortlengte.
- De verklaarbare variantie (R^2) van de waarnemingen is 91,67 procent. Dat betekent dat 91,67 procent van de variantie van de loopvlaklas kan worden verklaard door Parameter A en Parameter B. Echter, betekent dit ook dat er nog andere factoren zijn die invloed hebben op de loopvlaklas. Welke factoren dat zijn is niet bekend geworden door het design of experiments.
- Er is niet genoeg bewijs geleverd om aan te nemen dat een bepaalde combinatie van product- en Parameter B invloed heeft op een kleinere loopvlaklas. De p-waarde is 67,2 procent en moet kleiner zijn dan 5 procent om verworpen te worden.
- De waarde van een Parameter B veranderen naar beneden heeft wel effect op de loopvlaklas, alleen minder nauwkeurig dan een Parameter A. Het effect van een Parameter B verhoging is niet terug te zien in de resultaten.

Parameter A	Aantal metingen	Gemiddelde wijziging (mm)	Standaardafwijking (mm)
-5	6	-0.98	0.467
0	6	-1.1	0.635
5	6	-0.88	0.160

Tabel 18 | Resultaten Parameter A

4.1.3 Conclusies

Op basis van de resultaten is gebleken dat een Parameter A een beter effect heeft dan een Parameter B. Parameter A verandert de afkortlengte van het loopvlak, Parameter B het loopvlak uitrekt of in elkaar drukt bij het aanbrengen op de wkk. Aangezien bouwmaschine 102 nauwkeurig meet en goede afkortlengtes snijdt, heeft een Parameter A meer effect dan een Parameter B.

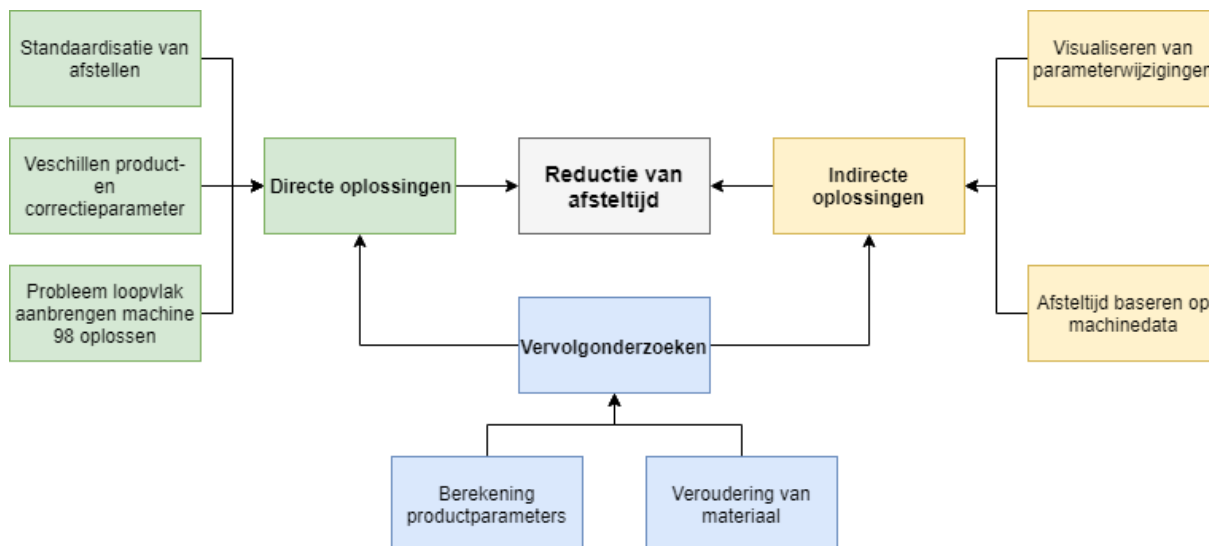
Daarom wordt er aangeraden om na het ombouwen van de bouwmaschine, het loopvlak af te stellen door middel van Parameter As. Hierbij is het van belang dat de 'automatische controlemeting loopvlak' uit staat, aangezien er dan niet meerdere loopvlakken worden voorbereid op de aanbrengbaan. Er ligt dan maar een loopvlak op de baan, waardoor een Parameter A direct resultaat oplevert.

Voor de verdere (kleine) afstellingen in het proces wordt aangeraden om Parameter B toe te passen. Tijdens de reguliere productie is het belangrijk dat een parameterwijziging weinig tijd kost en direct effect heeft. Er hoeft dan geen rekening gehouden te worden met de instellingen voor automatische controlemeting.

Op bouwmaschine 98 worden de loopvlakken verkeerd geregistreerd, waardoor er niet is onderzocht in welke mate deze conclusie toepasbaar is op bouwmaschine 98. Uit vervolgonderzoek rondom de lengtemeting van bouwmaschine 98 moet blijken in welke mate bouwmaschine 98 nauwkeurig meet.

4.2 MOGELIJKE OPLOSSINGEN

In deze paragraaf worden verschillende oplossingen behandeld die de variabiliteit in afsteltijd kunnen reduceren. De oplossingen zijn geïllustreerd in figuur 23 en zijn verdeeld in vervolgonderzoeken, indirecte- en directe oplossingen.



Figuur 23 | Directe en indirecte oplossingen afsteltijd

4.2.1 Standaardiseren van afstelproces

Uit de interviews met de operators en de observaties van verschillende werkwijzen is gebleken dat er geen gestandaardiseerde werkwijze is voor het afstellen van de bouwmachines. Alle operators voeren dezelfde taken uit, maar iedereen op zijn eigen manier en in zijn eigen volgorde. Dit komt voornamelijk doordat iedere operator een andere werkwijze met andere werkvolgordes prefereert. Zo controleren sommige operators de afmetingen handmatig, terwijl de anderen zoveel mogelijk onderdelen controleren door middel van de machine. Een tweede voorbeeld is het moment dat operators beginnen met afstellen; sommigen controleren eerst de greentire om vervolgens bij de tweede greentire afstellingen te doen, terwijl een anderen direct bij de eerste greentire zowel de afmetingen controleren als afstellingen doet. Het resultaat van de standaardisatie is dat handelingen op dezelfde manier uitgevoerd worden, waardoor de variabiliteit in het proces wordt gereduceerd.

Het is van belang om de volgende aspecten op te nemen in de standaardwerkwijze:

Deze paragraaf is weggelaten in verband met vertrouwelijke informatie over het bouwen van een greentire.

Het implementeren van een standaardwerkwijze brengt de nodige veranderingen met zich mee. Uiteindelijk moeten de operators de standaardwerkwijze uitvoeren en daarom moeten zij bereid zijn om de standaardwerkwijze te hanteren. Als zij niet bereid zijn om een standaardwerkwijze te hanteren, dan zal het geen effect hebben om er een te ontwikkelen. Daarom is er in hoofdstuk 5 meer onderzoek gedaan naar hoe een verandering succesvol geïmplementeerd en gewaarborgd kan worden binnen een organisatie. Bij het opstellen van een standaardwerkwijze moet bepaald worden welke factoren wel en niet belangrijk zijn.

4.2.2 Correcte loopvlakregistratie bouwmaschine 98

In §3.1 en §3.2 is er beschreven dat er machineverschillen tussen bouwmaschine 98 en bouwmaschine 102, zowel op mechanisch- als softwareniveau. Daardoor is het mogelijk dat een greentire recept anders reageert op verschillende bouwmachines. Uit de analyse is gebleken dat het loopvlak op bouwmaschine 98 gemiddeld XX millimeter naar beneden wordt afgesteld, terwijl bouwmaschine 102 gemiddeld XX millimeter omhoog wordt

afgesteld. Daarnaast blijkt ook dat bouwmachine 98 de verkeerde loopvlaklengtes registreert in de database. Daardoor kan er niet bepaald worden of het afstellen van bouwmachine 98 wordt veroorzaakt door verkeerde afkortlengtes.

Er moet een oplossing gevonden worden voor de verkeerde loopvlaklengtereregistratie op bouwmachine 98. Daarna kan er onderzocht worden of bouwmachine 98 verkeerde loopvlaklengtes snijdt of dat er een andere oorzaak is voor het probleem.

Implementatie

Deze alinea is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie.

4.2.3 Visualiseren van parameterwijzigingen

Bouwmachines 98 en 102 registreren welke Parameter A en Parameter B de bouwmachine zijn gedaan. Op dit moment worden de laatste 1000 wijzigingen opgeslagen op de bouwmachine. Als er meer dan 1000 parameterwijzigingen worden gedaan, dan worden de oude parameterwijzigingen overschreven. Daardoor gaat de beschikbare informatie verloren en kan het niet gebruikt worden voor verdere analyses.

Het is essentieel om deze real-time machinedata te gebruiken, om zo meer inzicht te krijgen in de afstellingen op de bouwmachine. Het visualiseren van de parameterwijzigingen op de maxxen heeft een indirecte invloed op het reduceren van afsteltijd, omdat het een middel is waarmee afstellingen gereduceerd kunnen worden. Het krijgen van inzicht in de parameterinstellingen heeft twee voordelen voor proces- en receptverbetering:

1. De mogelijkheid om doelgerichte **procesverbeteringen** uit te voeren, omdat er meer inzicht is in de onderdelen die worden afgesteld en om te achterhalen waar de problemen optreden. Daardoor kan er gefocust worden op de grootste factoren, om zo betere en snellere beslissingen te maken.
2. Het **verbeteren van recepten** door de specificaties te onderzoeken die vaak worden afgesteld. De veelvoorkomende afstellingen- en fouten kunnen gebruikt worden om recepten te optimaliseren.

Het is belangrijk om over meer data te beschikken dan van de laatste 1000 greentires, om zo het aantal parameterwijzigingen te analyseren. Daarom moet de data van de parameterinstellingen van de bouwmachines worden weggeschreven naar een externe database. Dit kan op dezelfde manier gedaan worden als het wegschrijven van de productiedata van de bouwmachines.

Vervolgens kan de beschikbare data gebruikt worden om inzicht te krijgen in Parameter A en Parameter B. Hieruit wordt duidelijk welke onderdelen, recepten en parameters het vaakst zijn afgesteld. Een tweede mogelijkheid is om een dashboard te creëren waarop de parameterwijzigingen zichtbaar worden gemaakt.

Het uitgevoerde onderzoek is toegepast op het aanbrengen van het loopvlak op de wikkeldauwenkop. Op de andere onderdelen wordt ook afgesteld ten gevolge van ombouwen. Daarom kan op dezelfde manier de afstellingen op de andere onderdelen onderzocht worden om zo de afsteltijd te reduceren. Het visualiseren van data door middel van een dashboard helpt om ook op deze onderdelen goede beslissingen te maken.

4.2.4 Afsteltijd baseren op machinedata

In de huidige situatie wordt afsteltijd gebaseerd op een schatting van de operators. Iedere operator maakt een eigen schatting voor bepaalde types ombouw. Daardoor kan de werkelijke waarden afwijken van de schatting die is gemaakt. Dit zorgt voor variatie in het proces. In hoofdstuk 2 is veel aandacht besteed aan het definiëren en meetbaar maken van de afsteltijd door middel van machinedata. Het gebruiken van machinedata verhoogt de betrouwbaarheid en validiteit van de data, waardoor de problematiek rondom afsteltijd beter onderzocht kan worden. Het implementeren kost tijd en daarom is dit een oplossing voor de lange termijn.

4.1.5 Vervolgonderzoek

Uit het onderzoek zijn twee hypothesen gekomen die verder onderzocht moeten worden om te concluderen in welke mate ze de afsteltijd beïnvloeden:

- **Hypothese 3:** De berekening van de Parameter A kan worden verbeterd voor sommige specificaties.
- **Hypothese 4:** De veroudering van het materiaal in de haspel heeft invloed op de afsteltijd.

Berekening Parameter A

Uit hoofdstuk 3 is gebleken dat het per recept kan verschillen of een band veel of weinig wordt afgesteld. Op basis van verschillende boxplots per productgroep (bijvoorbeeld: Wintrac Pro en Ultrac Vorti), kan er niet geconcludeerd worden dat de Parameter A voor een hele productgroep verkeerd berekend zijn.

Veroudering van het materiaal

Deze paragraaf is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie.

5. CONTROL

In hoofdstuk 5 is beschreven hoe de mogelijke oplossingen van hoofdstuk vier geïmplementeerd en gewaarborgd kunnen worden in het productieproces. Een literatuuronderzoek is uitgevoerd om inzicht te krijgen hoe een verandering binnen een organisatie tot stand komt. Daarna zal deze literatuur worden toegepast op de verkregen inzichten van hoofdstuk twee, drie en vier.

5.1 THEORETISCH KADER

Een systematisch literatuuronderzoek (appendix 9) is uitgevoerd om meer kennis te krijgen over het implementeren van een verandering binnen een organisatie. In deze paragraaf wordt het antwoord gegeven op de volgende kennisvraag:

Welke methoden worden in de literatuur beschreven om een procesverandering succesvol te implementeren binnen een organisatie?

5.1.1 Organisatiecultuur

Een organisatiecultuur omvat de collectieve waarden, gedachten en principes van werknemers en is een product van verschillende aspecten, zoals: geschiedenis, markt, product, technologie en strategie, werknemers en managementstijl (Needle, 2004). Daarnaast gaat het over het delen van informatie en de mogelijkheid om deze informatie over te brengen naar andere werknemers (Theisens, 2016). Een organisatiecultuur wordt dus bepaald door verschillende factoren en heeft invloed op de manier van denken werknemers in een organisatie. Dit heeft invloed op de standaarden die een organisatie hanteert (Theisens, 2016). Daarom beïnvloedt een organisatiecultuur de veranderingen in een organisatie.

Een organisatie kan verdeeld worden in een top-down approach of een bottom-up approach. Bij een top-down approach wordt de strategie bepaald vanuit het management en uitgevoerd door de verschillende afdelingen. Bij een bottom-up approach, in tegenstelling tot top-down, vloeit de strategie van het bedrijf voort vanuit de verschillende afdelingen (Slack, Brandon, & Johnston, 2013). Kotter (1997) schrijft dat in een top-down approach alle betrokken werknemers aangespoord moeten worden om een verandering door te voeren. Echter, door de bottom-up approach toe te passen is de samenwerking en productiviteit efficiënter, en zijn de werknemers gemotiveerder. Doordat ze betrokken worden bij het proces, voelen ze zich verantwoordelijker en meer gewaardeerd (Theisens, 2016).

Volgens Theisens (2016) kunnen werknemers in een organisatie verdeeld worden in drie soorten categorieën:

- **Blockers** zijn werknemers die niet willen meewerken aan een verandering en nauwelijks overtuigd kunnen worden.
- **Movers** zijn werknemers die graag meewerken aan een verandering en ervoor zorgen dat een oplossing geïmplementeerd wordt.
- **Floaters** zijn werknemers die nog geen mening gevormd hebben over de verandering. Zij zullen of de movers of de blockers volgen.

Daarom is het van belang dat de 'blockers' overtuigd worden van de verandering, om zo het aantal 'movers' te vergroten.

5.1.2 Veranderingsmanagement

Pfeifer & Schmidt (2005) schrijven dat 70% van alle fouten in het veranderingsproces gemaakt worden in de implementatiefase. Het is dus relatief eenvoudig om een goede strategie en oplossing te formuleren, maar het daadwerkelijk implementeren brengt veel moeilijkheden met zich mee. De redenen voor fouten in het implementatieproces kunnen verdeeld worden in vier categorieën (Pfeifer & Schmitt, 2005):

- *Management barrier*: focus ligt op dagelijkse activiteiten in plaats van lange termijnstrategie.
- *Vision barrier*: strategieën en veranderingen zijn niet gecommuniceerd naar de werknemers
- *Resource barrier*: middelen worden op de verkeerde manier ingezet.

- *Acceptatie van veranderingen*: de verandering wordt niet geaccepteerd bij alle werknemers, waardoor ze zich niet willen aanpassen.

5.1.3 Procesveranderingsmodel Kotter

Een veelgebruikt model voor het implementeren van een verandering, is het verandermanagementmodel van Kotter (1997). Dit model bestaat uit 8 stappen die verdeeld zijn in drie groepen (Kotter, 1997):

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Het creëren van de juiste omgeving voor verandering | (stap 1 – stap 3) |
| 2. Het verbinden van de verandering aan de organisatie | (stap 4 – stap 6) |
| 3. Het implementeren van een verandering | (stap 7 – stap 8) |

Deze stappen (Kotter, 1997) zijn geïllustreerd in figuur 24 en worden hieronder uitgelegd:

1. Creëren van urgentie

Het creëren van urgentie is een van de belangrijkste stappen in het veranderproces. Door de noodzaak van de verandering te tonen aan stakeholders, kan er draagvlak gecreëerd worden. Hierbij is het van belang om in gesprek te gaan met stakeholders, om ze van de verandering te overtuigen en mogelijke problemen te identificeren. Als een stakeholder het voordeel niet ziet van een verandering, dan zijn de minder gemotiveerd om mee te werken aan de verandering.

2. Oprichten van coalitie

Een projectteam moet worden opgezet om ervoor te zorgen dat een verandering geïmplementeerd wordt. Dit team voert de benodigde taken uit en motiveert de stakeholders om mee te werken. De beste resultaten worden bereikt als het projectteam multidisciplinair is, omdat dan alle stakeholders vertegenwoordigd zijn.

3. Creëren van een visie

De verandering die men wil bereiken moet duidelijk geformuleerd worden in de visie. Daardoor is voor iedere stakeholder duidelijk wat er verwacht wordt en op welke termijn. Het concreter maken van de verandering kan een middel zijn om meer draagvlak te creëren. Verder wordt het eenvoudiger voor stakeholders om mee te denken als de verandering duidelijk geformuleerd is.

4. Creëren van draagvlak

In stap 1 is de urgentie van draagvlak creëren behandeld. Een verandering kan stakeholders uit hun 'comfortzone' brengen, omdat een verandering onzekerheden met zich meebrengt. Daarom is het belangrijk om over de visie te discussiëren en verschillende meningen te horen.

5. Verwijderen obstakels

Iedere verandering brengt obstakels en problemen met zich mee. Daarom is belangrijk om van tevoren te identificeren waar de problemen zich kunnen voordoen. Het identificeren van problemen kan gedaan worden door de visie te overleggen met de stakeholders. Hierbij helpt het gesprek met de stakeholders om de problemen te identificeren die verholpen moeten worden. Een bijkomend voordeel van het gesprek is dat stakeholders al oplossingen kunnen inbrengen.

6. Korte termijn successen

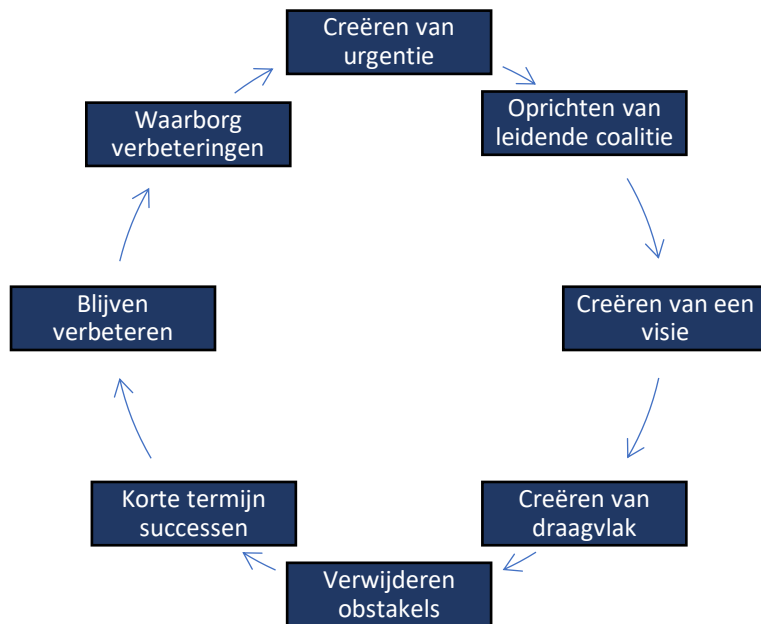
Het zien van succes en voortgang motiveert de werknemers om door te gaan met de verandering. Daarom is het belangrijk om doelen te stellen op korte termijn, waardoor stakeholders gemotiveerd blijven bij het doorvoeren van de verandering.

7. Blijven verbeteren

Kotter schrijft dat deze stap vaak fout gaat binnen organisaties. Als de eerste successen zijn behaald, dan kan men al snel denken dat de verandering is doorgevoerd. Het doorvoeren van een verandering is een lang proces dat continu verbeterd moet worden. Daarom is belangrijk om genoeg aandacht te geven aan deze stap.

8. Waarborg verbeteringen

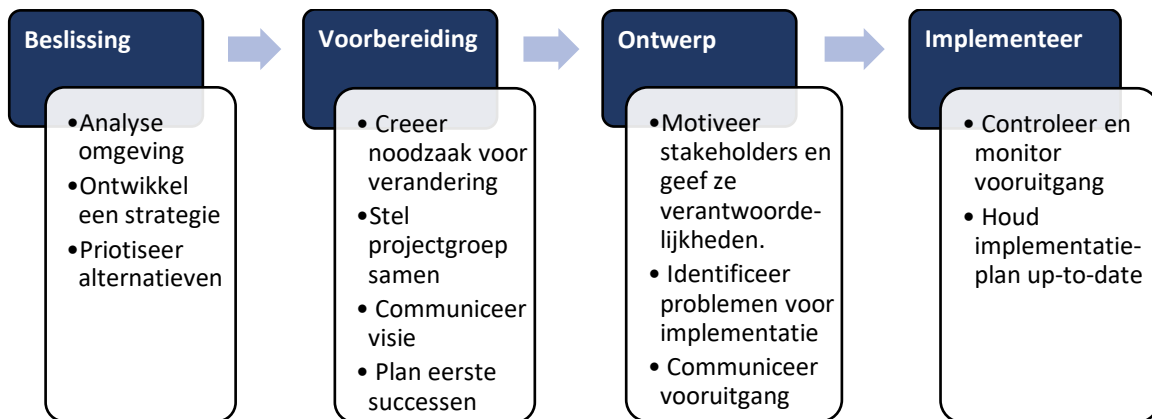
Een organisatie is dynamisch, waardoor verbeteringen al snel verloren kunnen gaan. Daarom moet de verandering ingebed worden in de werkwijze. Door het proces te evalueren en de voortgang te controleren na implementatie, is het mogelijk om de verandering te behouden binnen de organisatie.



Figuur 24 | Verandermodel van Kotter (1997)

5.1.3 Procesveranderingsmodel Pfeiffer & Schmidt

Pfeiffer & Schmidt (2005) hebben ook een model gecreëerd waarmee de implementatie van een procesverandering doorlopen kan worden. Dit model (figuur 25) is gebaseerd op verschillende verbeteringsmodellen, waarbij de focus wordt gelegd op het motiveren van de werknemer.



Figuur 25 | Verandermodel van Pfeiffer & Schmidt (2005)

Stap 1: beslissing maken

De eerste stap is belangrijk wanneer er een strategie voor de lange termijn bepaald wordt (Pfeiffer & Schmitt, 2005). Aangezien dit onderzoek draait om het implementeren van procesverandering, is deze stap niet relevant.

Stap 2: Voorbereiding van verandering

Door stakeholders te overtuigen waarom de verandering nodig is binnen het proces, is het mogelijk om samenwerking en draagvlak te creëren. Als er geen draagvlak is voor de verandering, dan is het erg lastig om een project te starten waarbij de verandering geïmplementeerd wordt (Kotter, 1997). Er kan meer draagvlak gecreëerd worden onder de stakeholders door de volgende aspecten toe te passen (Kobi, 1996):

- Stakeholders laten zien waarom de verandering belangrijk is.
- Duidelijke verwachtingen opstellen
- Laten merken dat het probleem opgelost kan worden
- Een positieve houding ten opzichte van de verandering creëren bij de werknemers

Daarnaast moet er gecommuniceerd worden hoe het maximale uit de visie en verandering gehaald kan worden, door de doelen begrijpelijk te maken. Theisens (2016) beschrijft tien aspecten die de motivatie en de teamprestatie kunnen verhogen, om zo een verandering beter te implementeren. Hierbij gaat het om de volgende aspecten:

- Het hebben van een gedeelde visie onder de stakeholders
- Duidelijke doelen opstellen voor stakeholders
- Overtuigen van stakeholders
- Het communiceren van de voortgang aan de stakeholders
- Zelf beginnen met het implementeren van de verandering
- Aanwezig zijn op de werkvloer
- Stakeholders verantwoordelijk maken voor taken om zo betrokkenheid te creëren
- Coaching en ondersteuning van de stakeholders
- Zorg voor overeenstemming tussen stakeholders
- Bereikte doelen erkennen en benadrukken

Stap 3 & 4: Ontwerpen van verandering & implementatie

Om de gewenste verandering te bereiken moet er nauwkeurig samengewerkt worden tussen management en werknemer. Dit kan bereikt worden door samenwerking tussen beide partijen te ontwerpen volgens de volgende aspecten: bewustzijn, wensen, kennis en mogelijkheden (Pfeifer & Schmitt, 2005). Hierbij moeten de werknemers gemotiveerd en verantwoordelijk gemaakt worden voor bepaalde taken. Daarbij is het van belang dat stakeholders zich niet machteloos voelen en impact kunnen maken. Dan voelen ze zich betrokken en leveren ze de benodigde bijdrage (Pfeifer & Schmitt, 2005).

Verder moeten de mogelijke problemen die kunnen optreden geïdentificeerd worden, waardoor bepaald kan worden waar de knelpunten zitten van de implementatie. Het identificeren van de problemen kan gedaan worden door middel van de theory of constraints (TOC). Deze theorie draait om het vinden van de bottleneck, aangezien dit de kritische factor in een proces vormt (Theisens, 2016).

Nadat het gedetailleerde plan is geschreven, kan de ontworpen implementatiestrategie uitgevoerd worden. Een eigenschap van dit proces is dat het lange periode kan duren voordat de hele verandering is uitgevoerd. Daarom is het van belang om regelmatig een controle en evaluaties uit te voeren (Pfeifer & Schmitt, 2005).

5.1.5 Conclusie

In het theoretisch kader (§5.1) zijn twee procesveranderingsmodellen behandeld. Er zijn kunnen meerdere overeenkomsten gelegd worden tussen beide modellen. In beide modellen staat het creëren van draagvlak centraal en het monitoren van de vooruitgang. In de literatuur wordt er vaak gerefereerd naar het procesveranderingsmodel van Kotter (1997). Daarom is dit model gekozen voor de implementatiefase (§5.2).

5.2 WAARBORGEN IMPLEMENTATIE

Het reduceren van de variatie in afsteltijd behoort tot een van de vele projecten in het kader van procesoptimalisatie om de OEE van de bouwmachines te verbeteren. Hierbij draait het om het analyseren van de bottlenecks, om vervolgens een verandering door te voeren en als standaard te implementeren in het bedrijf. Apollo Vredestein is een grote organisatie met 1800 werknemers, waarbij er in vijf ploegen wordt gewerkt. Daardoor is het erg complex om een procesverbetering te waarborgen in het proces. Daarom is er in §5.1 onderzoek gedaan naar methodes die helpen om een verandering succesvol te implementeren. Het procesveranderingsmodel van Kotter (1997) wordt in deze sectie gerelateerd aan de praktijk bij Apollo Vredestein.

Creëren van urgentie

Volgens Kotter (1997) is een van de belangrijkste stappen binnen een implementatieproces het creëren van urgentie voor de verandering. De urgentie van afsteltijd is de aanleiding van het probleem (§1.2.1) en de probleemstelling (§1.2.2). Hierin worden verschillende redenen genoemd:

- Afstellen veroorzaakt gemiste opbrengsten: het reduceren van afsteltijd met gemiddeld een minuut op jaarbasis levert een extra dekkingsbijdrage van XX euro op. Verder bedragen de totale kosten voor afstellen op de maxxen XX euro
- Strategische visie: In de toekomst wordt er meer gericht op type X en specials, waardoor er meer ombouwen en afstellen plaatsvindt. Daardoor ondervinden de operators nog meer ombouw- en afstelwerk. Daarom hebben operators baat bij minder afstelwerk.
- Afstellen staat in de top vijf oorzaken van het stagneren van de maxxen
- Onvoorspelbaarheid van de tijdsduur van afstellen.
- Frustratie bij operators

Door bovenstaande redenen te benoemen, wordt er draagvlak gecreëerd onder de stakeholders. Daardoor zien de stakeholders de noodzaak van het probleem en zal er meer motivatie zijn om het probleem op te lossen.

Oprichten van leidende coalitie & creëren van visie

Er zijn verschillende mogelijke oplossingen gegeven (§4.2) die bijdragen aan het reduceren van (variabiliteit in) afsteltijd. Aangezien de oplossingen acties verwachten op verschillende specialisaties, kan er niet een persoon verantwoordelijk gemaakt worden voor project 'reduceren van afsteltijd'. Aangezien er oplossingen zijn aangedragen op verschillende vlakken, kunnen deze oplossingen als verschillende projecten gezien worden, waarbij de juiste stakeholders gekozen moeten worden.

Het 'visualiseren van data' moet worden overgedragen aan proces industrialisatie (BT4), aangezien deze afdeling voornamelijk gebruik maakt van het dashboard. Als eerste moeten de parameterwijzigingen worden opgeslagen in een externe database, zodat niet alleen de laatste 1000 wijzigingen beschikbaar zijn. Hiervoor moet een engineer van de bouwmachines betrokken worden en een software engineer. Daardoor wordt het mogelijk om de parameterwijzigingen real-time te monitoren. Daarna moeten verschillende stakeholders overeenstemmen welke prestatie-indicatoren getoond worden op het dashboard, om vervolgens het dashboard te ontwikkelen. Enkele voorbeelden van prestatie-indicatoren zijn: aantal parameterwijzigingen, parameterwijzigingen per machine en parameterwijzigingen per recept.

Daarentegen ligt het loopvlaklengte probleem op bouwmachine 98 bij engineering en de software engineers van de maxxen. Eerst moet er onderzocht worden waarom er een verkeerde offset waarde geregistreerd wordt en wat de invloeden hiervan zijn op het aanbrengen van het loopvlak. Vervolgens moeten er oplossingen gegenereerd worden om het loopvlaklengte probleem op te lossen.

Kortom, ieder project heeft betrekking op een ander discipline en heeft zijn eigen doel. Daarom zijn in ieder project verschillende stakeholders betrokken. Vervolgens moet ieder projectteam het doel opstellen van het project en duidelijk beschrijven welke stappen er genomen moeten worden om het gewenste resultaat te bereiken. Hierdoor wordt er voor de overige stakeholders duidelijk wat er verwacht wordt. Dit maakt het mogelijk voor hen om mee te denken in het proces.

Creëren van draagvlak & verwijderen van obstakels

Vervolgens is het belangrijk om meer draagvlak te creëren onder de stakeholders. Draagvlak is al gedeeltelijk gecreëerd door de urgentie van het probleem aan te kaarten. Echter, het is belangrijk om nog meer draagvlak te creëren onder de stakeholders en voornamelijk bij degene die met de verandering moeten werken. Een stakeholder die betrokken is in het verbeteren van afsteltijd is de operator bij de bouwmachine. Uit het onderzoek zijn enkele bevindingen gebleken die de afsteltijd reduceren. Om deze handelingen te implementeren moet er een standaardwerkwijze worden opgesteld. Hierbij gaat het om:

- Het loopvlak afstellen met Parameter A na ombouwen
- Parameter B veranderen naar nul na ombouwen
- Automatische controlemeting van halffabricaten in handmatige modus na ombouwen

Een operator moet zich kunnen vinden in de standaardwerkwijze voor het afstellen. Hij moet ervan overtuigd zijn dat de geïmplementeerde verandering invloed heeft op afsteltijd, anders is de kans klein dat het geïmplementeerd wordt. Daarom is het van belang dat de operator betrokken wordt bij het implementeren van een verandering. Betrokkenheid kan gecreëerd worden door het gesprek aan te gaan met de operator op de werkvloer, of door een operator te betrekken in het projectteam. Een voorbeeld is dat verschillende operators kunnen helpen bij het meedenken van een standaardwerkwijze. Zij staan de hele dag op de werkvloer en weten wat de knelpunten zijn in het bouwproces van een greentire. Daardoor kunnen zij waardevolle input geven die de kans op succes vergroot. Zo kunnen zij problemen aankaarten die zich vaak optreden in het bouwproces, maar ook kunnen ze mogelijke oplossingen geven voor sommige problemen. Door van tevoren de mogelijke problemen van de implementatie te identificeren, bijvoorbeeld voor een standaardwerkwijze, wordt de kans van slagen van het project of de operator vergroot.

Hierbij moet er wel rekening gehouden worden met het feit dat een operator subjectieve input kan geven. Iedere operator prefereert zijn eigen werkwijze en daarom zal hij ook van mening zijn dat zijn werkwijze goede werkwijze is.

Monitoren van verbetering

De laatste stappen in het verbeterproces voor reductie van afsteltijd zijn gerelateerd aan het monitoren van de voortgang en het waarborgen van de verbeteringen. Zoals eerder beschreven, kunnen de mogelijke oplossingen beschouwd worden als verschillende projecten. Binnen deze projecten is het belangrijk om korte termijn doelen op te stellen. De stakeholders worden gemotiveerd om verder te gaan met de verbetering als ze vooruitgang zien in zowel project of proces. Als de stakeholders merken dat er minder afstellingen aan het loopvlak gedaan hoeven te worden, bijvoorbeeld door betere recepten of het verholpen loopvlakprobleem op bouwmachine 98, dan worden de operators gemotiveerd.

6. CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk wordt de conclusie, aanbeveling en discussie van het onderzoek beschreven. In de conclusie wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag van het onderzoek. Op basis van deze conclusie zijn er aanbevelingen gedaan, waarmee de afsteltijd gereduceerd kan worden. Daarna volgt een discussie, waarin gereflecteerd wordt op het onderzoek.

6.1 CONCLUSIE

In deze paragraaf worden de bevindingen van de vorige hoofdstukken samengevoegd om antwoord te geven op de onderzoeksvraag van dit rapport:

Op welke manier kan de variabiliteit in afsteltijd ten gevolge van ombouwen van de bouwmachines maxxen worden gereduceerd in de personenwagenbandenbouw bij Apollo Vredestein?

De bevindingen van het onderzoek zijn beschreven en daarna is er geconcludeerd op welke manieren de variabiliteit in afsteltijd gereduceerd kan worden. Uit de analyse van de huidige situatie is gebleken dat er veel kleine factoren zijn die invloed hebben op de afsteltijd. Er is een definitie opgesteld van afstellen en afsteltijd, aangezien er nog geen definitie was bij Apollo Vredestein. De afsteltijd van een bouwmachine is gedefinieerd als de som van tijdverliezen tussen de minimale en gerealiseerde cyclustijd per autoband die geproduceerd zijn in de afstelperiode. De afstelperiode is totale tijd die nodig is om de productie binnen de onder- en bovengrens van de cyclustijd te laten verlopen.

In de huidige situatie wordt de afsteltijd van een bouwmachine gemeten door een schatting van de operators. Deze schatting is gebaseerd op het soort ombouw. Daardoor is de gemeten afsteltijd in PIBS niet betrouwbaar, waardoor variatie in afsteltijd ontstaat. Daarom is het beter om de afsteltijd te baseren op machinedata, om zo te meten met betrouwbare informatie. Verder is het afstellen ten gevolge van ombouwen niet gestandaardiseerd in de huidige werkwijze. Iedere operator voert dezelfde handeling uit, maar op zijn eigen manier en in zijn eigen volgorde. Het uitvoeren van een handeling op een andere manier resulteert in een andere tijdsduur. Door de vele handelingen die gedaan worden na een ombouw en tijdens het afstellen, kunnen enkele secondes per handeling al zorgen voor een soort 'schijn'-variabiliteit in afstellen.

Op basis van machinedata is geconcludeerd dat XX procent van de afstellingen wordt gedaan op ply 1, het loopvlak en de PA. Daarvan wordt XX procent veroorzaakt door de lengtecorrecties van het loopvlak. Dit komt doordat een Parameter A en Parameter B niet hetzelfde effect hebben. Deze conclusie is gebaseerd op een onderzoek naar de verschillen tussen Parameter A en Parameter B op de maxxen. Uit dit onderzoek is gebleken dat een Parameter A voor minder variatie zorgt op de loopvlaklas dan een Parameter B op bouwmachine 102.

Het experiment beperkt zich tot bouwmachine 102, omdat bouwmachine 98 verkeerde loopvlaklengtes registreert in de productiedatabase. Op basis van de verschillen tussen receptwaarde en gewenste waarde is gebleken dat de loopvlaklengte op bouwmachine 98 gemiddeld met XX millimeter naar beneden wordt afgesteld voor alle specificaties. Hieruit volgt dat bouwmachine 98 problemen heeft met het afsnijden en aanbrengen van het loopvlak, waardoor er afgesteld moet worden.

Afstellen ten gevolge van ombouwen wordt veroorzaakt door veel verschillende factoren. Daarom moet er gefocust worden op het elimineren van de grootste factoren, om zo de afsteltijd te reduceren. Het reduceren van afsteltijd is een continu verbeterproces, waarbij het nodig is om snel en duidelijk inzicht te hebben in de beschikbare data. Hiermee kan worden bepaald op welke onderdelen, specificaties en afstellingen de grootste verliezen gemaakt worden om vervolgens meer onderzoek te doen naar de gevonden oorzaken. In de huidige situatie is er geen inzicht in de afstellingen die worden gedaan op de bouwmachines.

Uit het onderzoek zijn twee hypothesen gekomen waarnaar meer onderzoek gedaan moet worden om betrouwbare conclusies te trekken. Er is gebleken dat Parameter B invloed heeft op de synchroonverhouding van de wikkellauwenkop. Daardoor wordt het materiaal uitgerekt of in elkaar gedrukt. De mate waarin het materiaal kan worden uitgerekt of in elkaar gedrukt, is afhankelijk van de materiaaleigenschappen. 'Oud' materiaal heeft een andere elasticiteit dan 'nieuw' materiaal en 'zacht' materiaal heeft een andere rekbaarheid dan 'hard' materiaal. De mate waarin de materiaaleigenschappen invloed hebben is niet bekend. De tweede

hypothese gaat over de berekening van de Parameter A. Sommige specificaties worden altijd naar boven of naar beneden afgesteld, waardoor het mogelijk is dat de Parameter A niet goed is berekend.

6.2 AANBEVELINGEN

Uit het onderzoek zijn meerdere factoren gekomen die invloed hebben op het afstellen van de bouwmachines. In deze paragraaf worden verschillende aanbevelingen gedaan om de afsteltijd van de bouwmachines te reduceren.

Er is gebleken dat er 'schijn'-variabiliteit is in het afstellen van de bouwmachines. In de huidige situatie wordt de afsteltijd verkeerd gemeten, omdat het gebaseerd is op een schatting van de operators. Deze meting geeft een algemene indicatie van afsteltijd, maar het is niet representatief voor de werkelijkheid. Daarom wordt er aangeraden om de afsteltijd op de lange termijn te baseren op machinedata. Een tweede manier om de variabiliteit te reduceren is door een standaardwerkwijze op te stellen voor het afstellen. Hierbij gaat het voornamelijk om de belangrijke handelingen, zoals de bouwmachine in handmatige modus zetten tijdens het afstellen.

Uit het experiment op bouwmachine 102 is gebleken dat een Parameter A resulteert in minder variatie op de loopvlaklas dan een Parameter B. Daarom is het beter om gebruik te maken van Parameter A tijdens het afstellen. Een vereiste hiervoor is dat de automatische controle lengtemeting voor het loopvlak in handmatige modus staat. Hierdoor is het effect van een Parameter A direct zichtbaar op de greentire. Daarnaast is het nodig om de Parameter B te veranderen naar nul na het ombouwen van de bouwmachines. Er wordt dan begonnen met afstellen door middel van Parameter A. Daarna volgen de kleine afstellingen door middel van Parameter B gedurende het productieproces. Deze aanbeveling wordt alleen gedaan voor bouwmachine 102, omdat het (nog) niet bekend is of bouwmachine 98 nauwkeurige loopvlakken snijdt van de voorraadrol.

Verder heeft bouwmachine 98 een probleem met het aanbrengen van loopvlakken. Dit is gebleken uit de verschillen tussen receptwaarde en machine-instelling, en de verkeerde loopvlaklengtereregistratie in de productiedatabase. Door middel van vervolgonderzoek en de (in 4.2) beschreven stappen, kan er bepaald worden of de foute loopvlakregistratie invloed heeft op de loopvlaklassen. Vervolgens moet er een onderzoek komen waardoor bouwmachine 98 verkeerde loopvlaklengtes afsnijdt, zodat het loopvlak minder wordt afgesteld op bouwmachine 98.

Daarnaast is er geen inzicht in de afstellingen die worden gedaan op de bouwmachines. Apollo Vredestein is een dynamische en complexe organisatie, waarbij het van belang is om snel goede beslissingen te maken. De parameterwijzigingen geven inzicht in het afstellen van de bouwmachine en de problemen die optreden tijdens het bouwen van een greentire. Door middel van deze informatie kunnen betere en snellere beslissingen worden gemaakt. Daarom is het van belang om meer inzicht te verkrijgen in deze informatie. Hiervoor moet een Excel-tool of een dashboard worden ontwikkeld, waardoor er real-time machinedata beschikbaar is. Hierdoor wordt het eenvoudiger om (sneller) keuzes te maken voor problemen op de bouwmachines. Er moeten twee stappen gedaan worden om dit te implementeren:

1. Het creëren van een externe database waarin de parameterwijzigingen zijn opgeslagen. In de huidige situatie wordt alleen de data van de laatste 1000 wijzigingen opgeslagen, waardoor het niet mogelijk is om de parameterwijzigingen te onderzoeken.
2. Het ontwikkelen van een dashboard met een BI-programma. Het is noodzakelijk om de verschillende stakeholders te betrekken bij het ontwikkelen van het dashboard. Hierdoor kunnen de juiste prestatie-indicatoren gekozen worden voor het dashboard.

Uit het onderzoek zijn twee hypothesen gekomen die invloed hebben op de afsteltijd. Vervolgonderzoeken naar de veroudering van het materiaal en de nullijn van het loopvlak moeten bepalen in welke mate deze factoren invloed hebben op de afsteltijd.

6.3 DISCUSSIE

In deze paragraaf is de discussie van het onderzoek beschreven. Hierin wordt gereflecteerd op de interpretatie van de resultaten, de uitvoering van het onderzoek en de beperkingen. Als laatste worden suggesties voor het onderzoek besproken.

Het onderzoek is uitgevoerd op de bouwmachines 'maxxen'. Bij Apollo Vredestein zijn er ook nog twee andere types bouwmachines, waardoor de resultaten van het onderzoek niet voor de andere machines hoeven te gelden. Daardoor worden dezelfde parameters gebruikt op de bouwmaschine als de laatste keer dat dezelfde specificatie is gebouwd. Echter, het is mogelijk dat andere resultaten wel van toepassing zijn op de andere bouwmachines.

Vanwege de tijdsperiode waarin het onderzoek is uitgevoerd, is er gekozen om te focussen op een onderdeel van de bouwmaschine: het loopvlak. Daarom is er geen onderzoek gedaan naar de afstellingen op andere onderdelen van de bouwmaschine. Echter, dit onderzoek kan dienen als een onderzoeksontwerp voor onderzoek naar de afstellingen op andere onderdelen.

Op basis van de Pareto voor afstellingen per onderdeel is er gekozen voor het loopvlak. Deze pareto is gebaseerd op de data van 23 april 2018 tot 06 juni 2018. Aangezien andere afstellingen mogelijk zijn in een andere tijdsperiode, is het mogelijk dat er dan een ander onderdeel op de eerste plaats in de Pareto staat. In iedere tijdsperiode worden namelijk andere specificaties gebouwd (bijvoorbeeld meer winter- of zomerbanden), waardoor er ook andere afstellingen gedaan worden. Echter, de keuze voor het loopvlak was de beste keuze voor de beschikbare data uit desbetreffende tijdsperiode.

In de beginnende fase van het onderzoek is er erg veel gefocust op het reduceren van afsteltijd en het meetbaar maken van afsteltijd. Echter, in de laatste fasen van het onderzoek is deze KPI nauwelijks gebruikt. In deze fase is er meer gericht om de achterliggende factoren en handelingen te elimineren, waardoor de afsteltijd lager wordt. Een aanbeveling voor het vervolgonderzoek is om direct te focussen op de achterliggende oorzaken van afsteltijd, om vervolgens de frequentie van optreden te reduceren.

Het laatste discussiepunt is dat het experiment om de effecten van een product- en Parameter B te testen is uitgevoerd voor een specificatie, namelijk een CV235018WXSX. Door het experiment uit te voeren op verschillende productgroepen, kan er onderzocht worden of er verschillen zijn door bijvoorbeeld de materiaaleigenschappen van het rubber.

LITERATUURLIJST

Apollo Vredestein B.V. . (2016). *Standaardwerkwijze HA98 en HA102*. Enschede.

Apollo Vredestein B.V. . (sd). *Het productieproces*.

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

Atkinson, A. (2011). *Management Accounting*. Amsterdam: Pearson Education Benelux.

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

Kobi, J. (1996). *Management des Wandels: Die weichen und Harten Bausteine Erfolgreicher Veränderung*.

Kotter, J. (1997). *Leading Change*. Harvard Business School Publishing.

Meijer, D. (2016). *Statistiek voor BIT - INF - TBK*.

Mendelow, A. (1991). Stakeholder Mapping.

Needle, D. (2004). *Business in Context: An introduction to Business and its environment*.

Pfeifer, T., & Schmitt, R. (2005). *Managing Change: quality-oriented design of strategic change processes*.

Slack, N., Brandon, A., & Johnston, R. (2013). *Operations management*. Harlow: Pearson Education Limited.

Sokovic, M., Pavletic, K., & Pipan, K. (2010). Quality Improvement Methodologies - PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS.

Theisens, H. (2016). *Lean Six Sigma Green Belt*. Amstelveen: LSSA BV.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). *Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review*.

van der Avoird, E. (2016). *Improvement plan recipe management*.

van Lier, A. (2011). *MSO automaat 98*. Enschede.

VMI. (2010). *Handboek HA98*.

VMI. (2014). *Handboek HA102*.

Webster, J., & Watson, R. (2002). *Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review*.

APPENDICES

De volgende bijlagen zijn toegevoegd in de appendix:

- Appendix 1:** Productieproces van een autoband
- Appendix 2:** Naamgeving van een autoband en greentire
- Appendix 3:** Stakeholderanalyse
- Appendix 4:** Analyse onder- en bovengrenzen afsteltijd
- Appendix 5:** Hypothese testen machine verschillen
- Appendix 6:** Vershillen machines productgroepen en recepten
- Appendix 7:** Beschrijvende statistiek machineverschillen
- Appendix 8:** Dataverzamelingsmethoden
- Appendix 9:** DOE | Correctie- en Parameter A
- Appendix 10:** Dashboard voor parameterwijzigingen

APPENDIX 1 | PRODUCTIE VAN EEN AUTOBAND

Deze appendix is verwijderd in verband met de vertrouwelijke informatie.

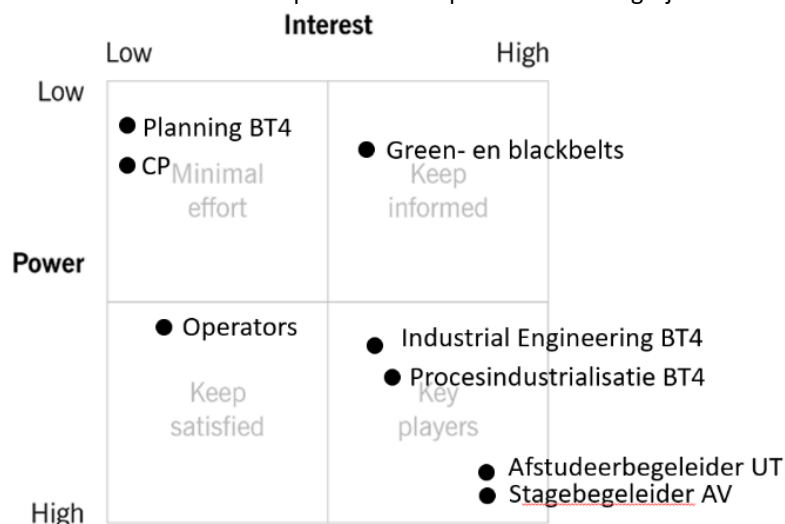
APPENDIX 2 | NAAMGEVING AUTOBAND EN GREENTIRE

Deze appendix is verwijderd in verband met de vertrouwelijke informatie.

APPENDIX 3 | STAKEHOLDERANALYSE

In deze bijlage zijn de stakeholders die betrokken bij het onderzoek beschreven:

- Key players
 - **Stagebegeleider Apollo Vredestein:** Mijn stagebegeleider vanuit Apollo Vredestein is Edwin van der Avoird. Hij is de business team manager van BT4 en zal mij begeleiden en ondersteunen in dit onderzoekstraject.
 - **Afstudeerbegeleider Universiteit Twente:** Mijn afstudeerbegeleider vanuit de opleiding technische bedrijfskunde is Hans Heerkens. Hij zal mij begeleiden in het onderzoekstraject om tot een goed resultaat te komen en om ervoor te zorgen dat de opdracht aan de opleidingseisen voldoet.
 - **Procesindustrialisatie BT4:** deze afdeling verantwoordelijk is voor de vertaalslag van productontwerp naar machine. Op deze afdeling is daarom de kennis aanwezig om daadwerkelijk veranderingen door te voeren. Het onderzoek wordt uitgevoerd op deze afdeling in samenwerking met de afdeling industrial engineering. De proces engineers op deze afdeling zijn Fabian Hahn en Jeroen Hulst.
 - **Industrial Engineering BT4:** De aanleiding van het project is gekomen van deze afdeling. Zij zijn betrokken bij dit onderzoek, omdat de medewerkers zich bezighouden met het optimaliseren van bijvoorbeeld doorlooptijden en opslag in het productieproces. Zij hebben al diverse onderzoeken uitgevoerd naar het reduceren van de ombouwtijd. Hierbij is vaak SMED gebruikt en waarmee de ombouwtijd al gereduceerd is. Hieruit is ook gebleken dat er nog veel te behalen valt bij het afstellen van de bouwautomaten en dat er daarom meer onderzoek gedaan moet worden naar het afstellen. Hierbij is voornamelijk Mark Horselenberg betrokken.
- Keep satisfied:
 - **Operators:** zij bedienen de bouwmachines en zijn daarmee verantwoordelijk voor het ombouwen en afstellen. Zij zullen daadwerkelijk te maken krijgen met het probleem en kunnen de oplossing implementeren. Verder maken de operators deel uit van het onderzoek. Ze worden namelijk geïnterviewd om de menselijke factoren van het afstelproces in kaart te brengen.
- Keep informed:
 - **Green- en blackbelts:** Zij beschikken over kennis van diverse tools om data te analyseren en gestructureerd problemen op te lossen.
- Minimal effort:
 - **CP:** de coördinator productie is verantwoordelijk voor de productie van greentires gedurende een bepaalde dienst. Als ik operators ga interviewen voor mijn onderzoek, is het belangrijk dat hij daarvan op de hoogte is. Dan is hij ervan op de hoogte dat de machine soms stil kan staan.
 - **Planning BT4:** Als erin het onderzoek enkele hypotheses getest worden, dan kan planning erbij betrokken worden om de specificaties te plannen die nodig zijn voor het onderzoek.



APPENDIX 4 | ANALYSE ONDER- EN BOVENGRENZEN AFSTELTIJD

Deze bijlage is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

APPENDIX 5 | HYPOTHESE TESTEN MACHINE VERSCHILLEN

Deze bijlage is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

APPENDIX 6 | VERSCHIL MACHINES PRODUCTGROEPEN EN RECEPT

Deze bijlage is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

APPENDIX 7 | BESCHRIJVENDE STATISTIEK MACHINEVERSCHILLEN

In deze bijlage is voor alle specificaties beschreven wat het gemiddelde en de standaarddeviatie is van de afstelling van het loopvlak is ten opzichte van de receptwaarde.

- De waarden in rood hebben een absolute afwijking van meer dan 10 millimeter en zijn daarmee kritische maten.
- De waarden in geel hebben een absolute afwijking van 5 tot 10 millimeter.
- De waarden in groen hebben een absolute afwijking van 0 tot 5 millimeter en is acceptabel.

Uit de tabel volgen een aantal kritische specificaties die altijd in grote mate worden afgesteld. Een tweede conclusie is dat het gewogen gemiddelde- en de standaarddeviatie van bouwmaschine 98 hoger is dan de gemiddelde afstelling en standaarddeviatie dan bouwmaschine 102.

De tabellen zijn verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie.

APPENDIX 8 | DATAVERZAMELINGSMETHODE

Deze appendix is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

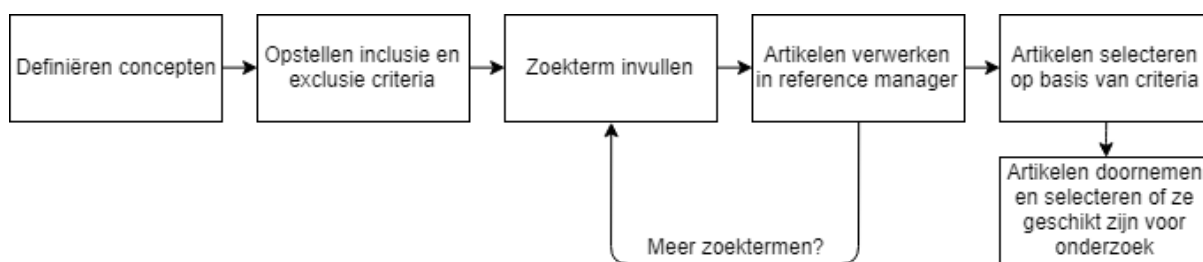
APPENDIX 9 | SYSTEMATISCH LITERATUURONDERZOEK

Het onderzoek gaat over het optimaliseren van de afsteltijd ten gevolge van ombouwen. Uit het onderzoek komen een aantal factoren, waarbij er enkele veranderingen nodig zijn in de huidige werkwijze. Op dit moment beschik ik nog niet over de kennis over hoe een oplossing succesvol geïmplementeerd kan worden in een organisatie. Daarom wil ik mijn literatuurstudie de volgende kennisvraag beantwoorden:

"Welke manieren worden er in de literatuur beschreven om een oplossing succesvol te implementeren in een organisatie"?

A9.1 Opzet literatuurstudie

Dit literatuuronderzoek wordt op een systematische wijze uitgevoerd. Volgens (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003) verschilt een systematische aanpak van een traditionele, beschrijvende aanpak door een repliceerbaar, wetenschappelijke en helder proces te doorlopen. Hiermee worden de keuzes, procedures en conclusies van de onderzoeker duidelijk, waardoor het mogelijk is om tot dezelfde resultaten te komen als het nog een keer zou worden uitgevoerd (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). De stappen die gezet zijn in het literatuuronderzoek zijn weergegeven in figuur A29.



Figuur A29 | Proces literatuurstudie

A9.2 Inclusie- en exclusiecriteria

De eerste stap is het opstellen van exclusie- en inclusiecriteria. Een exclusiecriteria bepaalt of een artikel wel of niet wordt meegenomen om verder te bestuderen in mijn literatuuronderzoek (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Als een artikel voldoet aan een van de vijf (zelf opgestelde) criteria, dan wordt er besloten om dit artikel niet verder te bestuderen. De exclusiecriteria voor het literatuuronderzoek zijn weergegeven in figuur A30 met de reden om een artikel niet verder te bestuderen.

	Criteria	Reden
1	Artikelen die niet gaan over het implementeren van een verbetering	Het doel van mijn onderzoek is om de OEE te verbeteren. Daarom moet er ook vermeld worden hoe dit verbeterd kan worden.
2	Artikelen waar kosten aan verbonden zijn	Ik wil geen risico lopen om een artikel te kopen die achteraf niet relevant blijkt voor mijn onderzoek
3	Artikelen die niet toegankelijk zijn voor studenten van de universiteit Twente	Ik heb geen toegang tot artikelen die buiten de UT te vinden zijn.
4	Artikelen die niet over de deelonderwerpen 'business' en 'management' gaan	Ik wil voornamelijk de theorie achter het 'implementeren van een verandering' gaan. Dit is een bedrijfskundig- en management aspect.

Figuur A30 | Exclusiecriteria

Naast de exclusiecriteria, zijn er ook inclusiecriteria in het literatuuronderzoek. Inclusiecriteria zijn criteria die bepalen wanneer een artikel wel wordt meegenomen in het onderzoek (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Deze criteria zijn weergegeven in figuur A31 met de reden waarom het belangrijk is om dit concept mee te nemen in het onderzoek.

	Criteria	Reden
1	Artikelen die gaan over productiebedrijven	Aangezien een oplossing geïmplementeerd wordt in een productiebedrijf, is het interessant om mee te nemen die specifiek over deze case gaan.

Figuur A31 | Inclusiecriteria

6.3 Analyse literatuur

Na het opstellen en het definiëren van de zoektermen en de criteria, kan er gezocht worden naar relevante artikelen die bijdragen aan mijn onderzoek. Het onderzoek gaat over de manieren waarop een verandering in een organisatie geïmplementeerd kan worden en hoe deze verandering als 'nieuwe standaard' wordt gezien. Om meer kennis te verkrijgen over dit onderwerp, is een literatuurstudie uitgevoerd. De stappen in het zoek- en analyseproces zijn weergegeven in figuur A32.

Zoekterm voor scopus	Scope	Datum	Tijdperiode	# artikelen
"Organizational change" AND "sustain"	Titel, kernwoorden en abstract	18-06-2018	1990 - heden	57
"Change management" AND "Implement" AND "Control"	Titel, kernwoorden en abstract	18-06-2018	1990 - heden	94
"Change management" AND "approach" AND "process"	Titel, kernwoorden en abstract	18-06-2018	1990 - heden	71
"Process change" AND "implement" AND "Control"	Titel, kernwoorden en abstract	18-06-2018	1990 - heden	5
"Process change" AND "Approach" AND "Obstacles"	Titel, kernwoorden en abstract	18-06-2018	1990 - heden	50
Aantal artikelen in database				277
Verwijderen duplicaten				-59
Selecteren op basis van exclusiecriteria				-46
Selecteren op basis van inclusiecriteria				0
Verwijderd na doorlezen van titel en abstract				-160
Verwijderd na doorlezen artikel				-3
Artikelen toegevoegd				1
Aantal artikelen voor literatuurstudie				10

Figuur A32 | Zoeken en verwerken van literatuur

Uit figuur A32 blijkt dat er, naar mijn mening, 10 relevante artikelen zijn die geraadpleegd kunnen worden voor het literatuuronderzoek. Om het schrijven van het theoretische kader te vereenvoudigen, zijn alle artikelen verwerkt in een conceptmatrix. Een conceptmatrix is een hulpmiddel waarin overzichtelijk de bevindingen per artikel geschreven kunnen worden (Webster & Watson, 2002). Daarmee wordt het eenvoudiger om relaties te leggen tussen de verschillende artikelen en concepten.

APPENDIX 10 | ONDERZOEKSOPSTELLING DOE

Voor het onderzoek 'reductie van afsteltijd' is een experiment uitgevoerd om de effecten van een correctie- en Parameter A te onderzoeken. Om dit te onderzoeken is een 'design of experiments' opgesteld, waarmee op een gestructureerde manier experimenten uitgevoerd kunnen worden om de invloeden van en interactie tussen parameters te onderzoeken (Theisens, 2016).

In dit experiment zijn er twee factoren, namelijk de correctie- en Parameter A. De correctie- en Parameter A kunnen voor dit experiment ingesteld worden op drie verschillende waarden, namelijk: -5 mm, 0 mm en 5 mm. Daardoor worden er voor dit experiment negen verschillende situaties getest. In totaal wordt het experiment 2 keer gerepliceerd, waardoor er in totaal 18 waarnemingen worden gedaan. Er is gekozen voor -5, 0 en 5 millimeter aangezien deze waarden afstellen in de huidige situatie nabootsen. Hierdoor ontstaat de volgende matrix:

Deze informatie is verwijderd in verband met vertrouwelijke informatie

Meten

Het meten van de loopvlaklas wordt gedaan door middel van een digitale schuifmaat in het midden van het loopvlak. Daarvoor wordt er verticaal een laser gericht op de wkk, waardoor het loopvlak bij iedere meting op hetzelfde punt gemeten wordt. Er kunnen twee verschillende lassen gemeten worden, namelijk een open- of overlapas. Bij beide typen gaat het om de afwijking t.o.v. het gewenste punt. Daarom wordt het op de volgende manier gemeten:

- Overlaplas: Het punt waar de overlapas eindigt wordt gemarkeerd met een marker (grijze pen of tape), om vervolgens het verschil te meten tussen 'de marker' en het beginpunt van het loopvlak (daar waar het loopvlak schuin is afgesneden).
- Open las: Hierbij wordt het verschil tussen de loopvlak uiteinde gemeten. Het startpunt is daar waar het loopvlak schuin is afgesneden.

De tweede output factor die gemeten wordt is de afkortlengte. De afkortlengte wordt geregistreerd door de bouwmaschine en kan meten tot op een tiende millimeter nauwkeurig.

Benodigdheden:

- Digitale schuifmaat
- Tabel voor metingen
- Pen
- Tweede operator
- Laser om op de wkk

Globale onderzoekopstelling

1. Opzetten van de meetapparatuur en overige hulpmiddelen
2. Ombouwen, afstellen en het produceren van greentires met de eerste loopvlakhaspel
3. Start experiment bij de 5^e greentire van de tweede LV haspel
 - a. Het toepassen van de gewenste parameterinstellingen volgens schema.
 - b. Het aflezen van de afkortlengte van op het bedieningsscherm.
 - c. Meten van de loopvlaklas op de wikkeldauwenkop
 - d. Parameterinstellingen toepassen voor de productie van de volgende greentire
 - e. Loopvlak corrigeren indien de las niet tussen de 0 en -2 millimeter is.
 - f. Handeling A t/m D opnieuw uitvoeren voor de volgende 18 greentires.
4. MSA uitvoeren indien er nog tijd over is.
5. Opruimen van onderzoekopstelling
6. Analyseren van resultaten

Resultaten

In onderstaande tabel staan de instellingen per experiment gemeten. De metingen zijn verdeeld in twee blokken van elk negen metingen.

De tabel met resultaten is verwijderd in verband met gevoelige informatie.

De statistische gegevens zijn verwijderd in verband met gevoelige informatie.