



**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Optimalisatie van het voorraadbeheer van de Montagelijnen

Het elimineren van verspilling op de afdeling magazijn bij HP Valves



Optimalisatie van het voorraadbeheer van de Montagelijnen

Het elimineren van verspilling op de afdeling magazijn bij HP Valves

Vertrouwelijke informatie wordt niet weergegeven in
deze openbare versie

Auteur

Laura Anne Medendorp
S1755900
l.a.medendorp@student.utwente.nl
Bachelor Technische Bedrijfskunde

Universiteit Twente

Dr. Ir. L. L. M. Van der Wegen
Dr. Ir. P. Hoffmann

HP Valves BV

M. Pibia, Msc
D. Mol, Msc

Voorwoord

Voor u ligt de bachelor scriptie: *"Optimalisatie van het voorraadbeheer van de montagelijnen"*. Dit onderzoek is uitgevoerd ter afsluiting van mijn Bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Tijdens het onderzoek heb ik gekeken hoe ik het bevoorradingsproces van de montagelijnen, bij HP Valves te Hengelo, zo efficiënt mogelijk kan worden ingericht.

Vanuit HP Valves ben ik uitstekend begeleid door Monica Pibia en Dennis Mol. Ik wil hen bedanken voor de steun en dat zij altijd openstonden voor de ideeën die ik had. De begeleiding die ik van hen heb ontvangen, heeft mijn onderzoek verder geholpen. Daarnaast wil ik ook de andere medewerkers bij HP Valves bedanken, bij wie ik altijd met mijn vragen terecht kon en die open stonden om mee te denken en mee te werken. In het speciaal Stephan Snijders.

Vanuit de Universiteit Twente ben ik begeleid door Leo van der Wegen en Petra Hoffmann. Ook naar hen gaat mijn dank uit. Door de uitgebreide feedback heb ik mijn verslag naar een hoger niveau kunnen tillen en werd ik uitgedaagd om alles uit mijn onderzoek te halen.

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

Laura Medendorp
Augustus 2018

Samenvatting

Dit document beschrijft een onderzoek dat is uitgevoerd bij HP Valves. HP Valves produceert hogedrukafsluiters voor stoomtoepassingen in energiecentrales. In 2016 is het bedrijf verhuisd naar een nieuwe fabriek in Hengelo. De inrichting van de nieuwe fabriek is gedaan aan de hand van de principes van Lean. Dit is een grote verandering geweest. De meeste processen zijn goed uitgedacht, echter de bevoorrading van de montagelijnen verloopt nog niet optimaal. Het kernprobleem van dit onderzoek is daarom:

Het voorraadbeheer van de montagelijnen bij HP Valves is inefficiënt.

Het huidige productieproces wordt grotendeels in one-piece-flow uitgevoerd. Dit betekent dat de afsluiters zich per stuk door de fabriek begeven en bewerkingen ondergaan. Van elke afsluiter wordt in het ERP-systeem Isah bijgehouden welke onderdelen er nodig zijn en welke bewerkingen er moeten worden ondergaan.

Dit onderzoek richt zich op de montagelijnen van HP Valves. Het montageproces wordt geleid door een pick-to-light systeem. Dit is een systeem dat, op basis van de stuklijst van het product, aangeeft welke onderdelen de monteur nodig heeft. Dit gebeurt aan de hand van een lampje. De bevoorrading van dit pick-to-light systeem gebeurt op twee verschillende manieren. Aan de montagelijnen liggen bakken met onderdelen. Deze onderdelen worden bevoorraadt door een 2-bin systeem. Dit is een voorraadstelsel uit Lean manufacturing. De voorraad is hierbij verdeeld over 2 bakken. Als de eerste bak leeg is, kan er verder geproduceerd worden uit de tweede bak. De eerste bak moet weer gevuld zijn, voordat de tweede bak leeg is. Onderdelen die niet aan de montagelijnen liggen, worden ordergericht ingeregeld in het pick-to-light systeem. Dit houdt in dat de onderdelen worden verzameld en aan de montagelijnen worden toegevoegd. Tevens wordt er een lampje aan de bak gekoppeld, zodat de monteurs een melding krijgen als ze dit onderdeel nodig hebben. Het inregelen van onderdelen is, voor relatief weinig onderdelen per keer, een tijdrovend proces.

Het grootste probleem blijkt de organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen te zijn. Dit omvat de volgende twee elementen:

- Tijdens de bevoorrading van de montagelijnen moeten de magazijnmedewerkers erg veel bewegen.
- Er is geen logische bepaling welke onderdelen aan de montagelijnen liggen en in welke hoeveelheden.

De grootte van de problemen is te meten door middel van 4 variabelen:

- De waarde van de voorraad aan de montagelijnen met een huidige waarde van XXX.
- Het percentage in te regelen onderdelen met een huidige waarde van 3,8%.
- De stilstand in de montage met een huidige waarde van 4,2%.
- De tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt, met een huidige waarde van 45 uur per week.

Om de bevoorrading meer te structureren, zijn 4 oplossingen bedacht. Deze oplossingen zijn uitgewerkt voor alle vier de montagelijnen en tevens is er een implementatieplan geschreven.

Two-bin systeem voor gitterboxen

De eerste oplossing is het creëren van een 2-bin systeem voor gitterboxen. Onderdelen die te groot zijn om aan de montagelijnen te liggen, worden in gitterboxen achter de monteurs geplaatst. Een voorbeeld onderdeel ligt aan de montagelijnen, zodat er een signaal van het pick-to-light systeem komt als het onderdeel in de stuklijst staat. De magazijnmedewerkers lopen op dit moment langs alle montagelijnen om te controleren of er lege gitterboxen zijn. Hierdoor vindt er veel beweging plaats en is er een kans dat het onderdeel te laat wordt bijgevuld, waardoor stilstand in de montage ontstaat. Door ook een 2-bin systeem in te voeren voor onderdelen in gitterboxen, hoeft er niet meer apart gecheckt te worden of ze leeg zijn. Tevens verdwijnt het risico dat een lege gitterbox te laat opgemerkt wordt.

Logische schapindeling en bakinhoud

Na de verhuizing naar Hengelo is bepaald welke onderdelen er aan de montagelijnen moesten komen te liggen. Dit is gedaan op basis van de kennis van de magazijnmedewerkers. Echter blijkt dat sommige veelgebruikte onderdelen niet aan de montagelijnen liggen en andere onderdelen hier wel geplaatst zijn, terwijl ze nauwelijks gebruikt worden. Er is daarom in dit onderzoek, aan de hand van de productiedossiers van het afgelopen half jaar, bepaald, welke onderdelen aan de montagelijnen moeten liggen. Hierdoor hoeven er 87% minder onderdelen ingeregeld. Dit leidt tot een jaarlijkse besparing van XXX aan arbeidskosten.

Naast te bepalen welke onderdelen er aan de montagelijnen moeten komen te liggen, is de hoeveelheid ook van belang. Deze heeft effect op de waarde van de voorraad aan de montagelijnen en het aantal keren dat de magazijnmedewerkers de onderdelen moeten bijvullen. Door ook deze berekeningen te baseren op gegevens uit de productiedossiers van het afgelopen half jaar, kunnen er grote besparingen behaald worden. De waarde van de voorraad aan de montagelijnen gaat van XXX naar XXX en het aantal keer bijvullen gaat van 518 naar 323 keer per maand.

Invoeren van een milkrun

De bevoorrading van het 2-bin systeem bestaat momenteel uit een groot aantal bewegingen van de magazijnmedewerkers. Zij lopen voor bijna elke bak apart richting de montagelijnen. Door middel van een milkrun zou dit drastisch kunnen worden verminderd. Een milkrun is een methode waarbij een vastgelegde route wordt afgelegd. Hierbij kunnen tegelijkertijd, lege bakken worden opgehaald en gevulde bakken worden teruggezet. In plaats van voor elke bak individueel te lopen, kan dit één keer per dag voor alle bakken gedaan worden, waardoor in de bevoorrading veel tijd bespaard kan worden.

Speciale bakken

Als een onderdeel gedurende een bepaalde tijd vaak nodig is, wordt er door de magazijnmedewerkers nog wel eens een extra bak toegevoegd aan de voorraad aan de montagelijnen. Deze bak blijft dan rouleren en wordt steeds weer gevuld. Dit geldt ook voor onderdelen die ingeregeld worden. Als de bak leeg is en wordt opgehaald door de magazijnmedewerkers, wordt deze weer gevuld, ongeacht of er nog vraag is naar dit onderdeel. Door dit soort bakken een speciaal uiterlijk te geven, kan worden voorkomen dat de voorraad langzaam aangroeit.

Het invoeren van deze oplossingen zal leiden tot een efficiëntere bevoorrading van de montagelijnen bij HP Valves. De variabelen zullen als volgt veranderen:

- De waarde van de voorraad aan de montagelijnen daalt met 35% tot € 174.861,-.
- Het percentage in te regelen onderdelen daalt met 87%, tot 0.5% in te regelen onderdelen.
- De stilstand in de montage zal dalen, door het invoeren van een 2-bin systeem bij gitterboxen en de juiste bepaling van het aantal onderdelen aan de montagelijns. Hoeveel dit zal dalen, moet de praktijk uitwijzen.
- De tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt, zal ook sterk dalen, doordat er minder onderdelen ingeregeld hoeven te worden, door de inhoud van de bakken te veranderen en door het invoeren van een milkrun. We kunnen dit niet kwantificeren voor alle oplossingen, dus ook de praktijk zal moeten uitwijzen hoe groot deze daling is.

Wij adviseren HP Valves om de genoemde oplossingen te implementeren en naderhand te evalueren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1. Introductie	10
1.1 HP Valves	10
1.2 Aanleiding en belang	11
1.3 Probleemidentificatie	12
1.4 Afbakening van het onderzoek	12
1.5 Onderzoeksvragen	13
2. Huidige situatie	14
2.1 Productieproces	14
2.2 Montageproces	15
2.3 Bevoorrading van de montage	15
2.4 Conclusie	21
3. Theoretisch kader	22
3.1 Lean management	22
3.2 Verspillingen in kaart brengen	25
3.3 Conclusie	29
4. Probleemanalyse	30
4.1 Analyses	30
4.2 Verspillingen	37
4.3 Variabelen	37
4.4 Oorzaken van het kernprobleem	39
4.5 Conclusie	41
5. Oplossingen	42
5.1 Probleemaanpak	42
5.2 Overige aanbevelingen	50
5.3 Conclusie	52
6. Implementatieplan	53
6.1 Two-bin systeem voor gitterboxen	53
6.2 Logische schapindeling en bakinhoud	54
6.3 Milkrun	56
6.4 Speciale bakken	56
6.5 Conclusie	57
7. Conclusie	58

7.1 Conclusie	58
7.2 Aanbevelingen	60
Bibliografie	61
Bijlage A – Woordenlijst	62
Bijlage B – Theoretisch kader	63
B.1. Theoretisch kader	63
B.2. Systematisch literatuuronderzoek	63
Bijlage C – Spaghetti diagrammen	69
C.1 Spaghetti diagram bevoorrading 2-bin systeem	69
C.2 Spaghetti diagram bevoorrading speciale onderdelen	70
Bijlage D – Overwogen oplossingen	71
D.1 Omzeilen van de AGV	71
D.2 Systeem waarin benodigde onderdelen te zien zijn	71
D.3 Extra rek voor speciale onderdelen	71
D.4 Familiepallets	72
Bijlage E – Berekeningen	73
Bijlage F – Gedetailleerde beschrijving onderdelen selectie	74
Bijlage G – Handleidingen	77

1. Introductie

Het onderzoek dat we in dit verslag beschrijven, dient ter afsluiting van de bachelor Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente. Het onderzoek vindt plaats bij HP Valves te Hengelo. In dit hoofdstuk geven we eerst een introductie over HP Valves en hogedrukafsluiters (1.1), waarna we de aanleiding en het belang van dit onderzoek beschrijven (1.2). Vervolgens geven we een probleemidentificatie (1.3) en beschrijven de afbakening van het onderzoek (1.4). Aan de hand hiervan formuleren we onderzoeksvragen (1.5).

1.1 HP Valves

HP Valves ontwerpt en produceert hogedrukafsluiters voor stoomtoepassingen in energiecentrales. Het bedrijf is opgericht in 1981 als spin-off van staalgieterij Dijkers. In de jaren na 1981 is het bedrijf enorm gegroeid in omvang en productportfolio. Momenteel is HP Valves een dochteronderneming van Indutrade AB (HP Valves, 2018). Dit is een groep van Europese bedrijven die hoge kwaliteit industriële producten levert.

HP Valves richt zich vooral op de productie van hoge- en mediumdrukafsluiters. Daarnaast hebben ze twee allianties en een dochteronderneming in Zuid-Korea om voor energiecentrales het totaalpakket te kunnen verzorgen. Hierdoor kan HP Valves volledige projecten voorzien van afsluiters. HP Valves heeft een groot assortiment aan afsluiters en ontwerpt en produceert daarnaast nieuwe (klantgerichte) afsluiters.

Afsluiters zijn kleppen die vloeistof of gasen tegen kunnen houden. Deze zijn op te delen in drie categorieën:

1. Hand Operated Valves (HOV's): Deze afsluiters worden handbediend geopend en gesloten.
2. Motor Operated Valves (MOV's): Deze afsluiters worden door middel van een motor geopend en gesloten.
3. Pneumatic Operated Valves (POV's): Deze afsluiters worden door middel van luchtdruk geopend en gesloten.

Er zit verschil in het montageproces van de verschillende afsluiters.

In onderstaande afbeeldingen zijn voorbeelden te zien van de drie categorieën afsluiters.



Afbeelding 1 - Handbediende hogedrukafsluiter



Afbeelding 2 - Motorbediende hogedrukafsluiter



Afbeelding 3 - Pneumatisch bediende hogedrukafsluiter

Voorheen was HP Valves gevestigd in Oldenzaal, maar door de groei van het bedrijf was het noodzakelijk om te verhuizen. HP Valves is in 2016 verhuisd naar het High Tech Systems Park in Hengelo. De productiehal is volledig ingericht naar de principes van Lean. Het gaat hierbij om het continue verbeteren van de processen en het elimineren van verspilling.

Het productieproces van HP Valves gebeurt op de nieuwe locatie grotendeels in one-piece flow. De producten bewegen per stuk door de fabriek en worden ook per stuk behandeld. De verplaatsing van de producten door de fabriek gebeurt aan de hand van de CALDAN-baan. Dit is een rail door de fabriek waarmee de producten alle afdelingen kunnen bereiken.

De focus van dit onderzoek binnen HP Valves ligt op de bevoorrading van de montagelijnen. Er zijn 4 'normale' montagelijnen, 1 montagelijijn voor de HP Light versie (een goedkopere versie afsluiter) en een afdeling waar MOV's, POV's en speciale afsluiters in elkaar worden gezet. Speciale afsluiters passen niet in de montagebank of kunnen hier niet getest worden. Op de afbeelding hiernaast is een 'normale' montagelijijn te zien. De montagelijnen zijn ingedeeld naar de afmeting van de huizen van de afsluiters. De montage wordt aangestuurd door een pick-to-light systeem. Bij deze methode komt de monteur door middel van lichtdisplays te weten welke onderdelen hij nodig heeft. Echter liggen niet alle onderdelen aan de montagelijijn, omdat hier niet genoeg ruimte voor is. Onderdelen die niet in de schappen passen, worden ordergericht gepickt en in het pick-to-light systeem ingeregeld. Hierover is meer te lezen in paragraaf 2.3.



Afbeelding 4 - Montagelijijn HP Valves

Het voorraadbeheer van de montagelijnen gebeurt aan de hand van een 2-bin systeem. Dit is een voorraad-proces, waarbij voorraad is verdeeld over 2 of meer bakken: grijpvoorraad en reservevoorraden. Onderdelen voor in de bakken liggen voornamelijk in het hoogbouwmagazijn. Dit magazijn wordt aangestuurd door een automatisch geleid voertuig, AGV genoemd. Deze brengt, volledig geautomatiseerd, pallets vanuit het hoogbouwmagazijn naar de fabriek. De aansturing van de AGV vindt plaats via Isah. Isah is het ERP-systeem waar HP Valves gebruik van maakt.

1.2 Aanleiding en belang

De aanleiding van dit onderzoek zijn de veranderingen die de verhuizing, van HP Valves naar Hengelo, met zich meebrengt. De processen, waaronder de aanlevering van materialen naar de afdeling montage, zijn ingrijpend veranderd. Dit komt mede doordat de inrichting van de nieuwe locatie is gebeurd aan de hand van de principes van Lean. Voorheen werden de onderdelen ten behoeve van montage door het magazijn ordergericht gepickt. Nu verzamelt de monteur zelf de onderdelen aan de hand van het pick-to-light-systeem.

Dit onderzoek focust zich op het optimaliseren van het voorraadbeheer van de afdeling montage. In grote lijnen is de bevoorrading uitgedacht aan de hand van de principes van Lean, maar er valt volgens het management van HP Valves nog veel efficiëntievoordeel te behalen. Voor HP Valves is dit onderzoek van groot belang, omdat er nog geen optimale structuur zit in de materiaaltoevoer naar de montageafdeling. Hierdoor ontstaan er verspillingen. Aangezien HP Valves opereert aan de hand van de principes van Lean moeten deze verspillingen zo veel mogelijk geëlimineerd worden. Deze verspillingen leiden namelijk tot kosten, voegen geen waarde toe voor de klant en verlengen de doorlooptijd.

1.3 Probleemidentificatie

Uit gesprekken met het management van HP Valves en de afdeling montage blijkt dat de bevoorrading van de montagelijnen op dit moment niet efficiënt verloopt. Dagelijks wordt er over de gehele fabriek een lijst bijgehouden met alle problemen die zich voordoen. Op de afdeling montage zijn veel van deze problemen te herleiden naar de bevoorrading van de montagelijnen. Hierdoor ontstaat er stilstand in de montage. Ook de afdeling Plant Management is van mening dat er andere verspillingen optreden, zoals een grote hoeveelheid voorraad aan de montagelijnen en veel beweging tijdens de bevoorrading. Ze denken dat deze grotendeels voorkomen kunnen worden als het bevoorradingsproces beter ingericht is.

Het kernprobleem van HP Valves is als volgt te formuleren:

Het voorraadbeheer van de montagelijnen bij HP Valves is inefficiënt.

Onder efficiënt verstaan wij het volgende: ‘het bereiken van maximale productiviteit met minimale verspilde moeite of kosten’ (Oxford Dictionaries, 2018). In termen van Lean wil dat zeggen dat de processen worden uitgevoerd zonder hierbij verspillingen te creëren.

In hoofdstuk 4 wordt een probleemanalyse gemaakt en aan de hand hiervan kunnen we variabelen aan het probleem toekennen. Met deze variabelen kunnen we de huidige situatie en de oplossingen meten. Op basis hiervan kunnen we bepalen welke variabelen de meeste efficiëntie-winst opleveren.

1.4 Afbakening van het onderzoek

Aangezien dit onderzoek in beperkte tijd moet worden uitgevoerd (10 weken), is het noodzakelijk om het onderzoek goed af te bakenen. Het onderzoek richt zich op 4 van de montagelijnen van HP Valves. Dit zijn de ‘normale’ montagelijnen. De HP Light montagelijlijn en de montagelijlijn voor speciale afsluiters worden buiten beschouwing gelaten. De huidige situatie, probleemanalyse en oplossingen zullen voor de 4 ‘normale’ montagelijnen beschreven worden.

De focus ligt op het voorraadbeheer van de montagelijnen en er wordt alleen gekeken naar de voorraad tot het hoogbouwmagazijn. De aanlevering van producten door leveranciers en de voorraad in het hoogbouwmagazijn wordt buiten beschouwing gelaten.

Daarnaast wordt dit onderzoek uitgevoerd met als rode draad de filosofie van Lean. Er wordt niet gekeken naar het gebruik van andere methoden, omdat het gehele productieproces in het teken van Lean staat.

1.5 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de probleemidentificatie is de hoofdvraag van het onderzoek als volgt gedefinieerd:

Hoe kunnen verspillingen uit het voorraadbeheer van de montagelijijn bij HP Valves worden gehaald, zodat het efficiënter verloopt?

Om deze vraag te beantwoorden, is er een aantal deelvragen opgesteld. Dit is gedaan aan de hand van de Algemeen Bedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) van Hans Heerkens en Arnold van Winden (2012).

1. Hoe ziet de huidige situatie eruit? (hoofdstuk 2)

Om de hoofdvraag van het onderzoek te kunnen beantwoorden, moet er eerst een duidelijk beeld zijn van de relevante processen binnen HP Valves. Door middel van het beantwoorden van deze kennisvraag wordt de huidige situatie binnen HP Valves beschreven. We bespreken het productieproces, het montageproces en het bevoorradingsproces van de montageafdeling. Deze processen beschrijven we aan de hand van observaties en interviews met de betrokkenen. Deze informatie wordt achteraf nogmaals geverifieerd bij de betrokkenen om er zeker van te zijn dat de gegevens kloppen.

2. Wat is Lean management? (hoofdstuk 3)

Binnen HP Valves wordt er gebruik gemaakt van de Lean filosofie. Deze kennisvraag zal allereerst worden beantwoord door theorie over Lean toe te lichten. Vervolgens gaan we op zoek naar manieren waarop onderzocht kan worden welke verspillingen zich binnen HP Valves voordoen. Dit doen we aan de hand van literatuuronderzoek.

3. Welke verspillingen zien we terug binnen het bevoorradingsproces van de montageafdeling? (hoofdstuk 4)

Op basis van de informatie uit hoofdstuk 2 en 3 kan in dit hoofdstuk het probleem verder worden geanalyseerd. We beantwoorden deze kennisvraag door te onderzoeken welke verspillingen plaatsvinden tijdens de bevoorrading van de montagelijnen bij HP Valves. Dit doen we door gebruik te maken van de technieken die geleerd zijn in hoofdstuk 3, spaghettidiagrammen en time value maps. Daarnaast voeren we gesprekken met de betrokken partijen en observeren we de situatie. Op basis hiervan kiezen we de grootste verspillingen en maken deze kwantificeerbaar. Nadat we vaststellen wat de grootste oorzaken van het kernprobleem zijn, kiezen we welke oorzaak we gedurende dit onderzoek gaan aanpakken. Tijdens het beantwoorden van deze deelvraag zullen wederom interviews en observaties plaatsvinden. Ook hier verifiëren we de gevonden informatie met de belangrijke betrokken partijen.

4. Hoe kunnen de problemen binnen HP Valves worden opgelost? (hoofdstuk 5)

In dit hoofdstuk geven we antwoord op een handelingsprobleem, namelijk hoe we de problemen binnen HP Valves met betrekking tot de bevoorrading van de montagelijnen kunnen oplossen. Voor de grootste oorzaken van het kernprobleem worden hier oplossingen genoemd en uitgewerkt. De oplossingen zijn gekozen in samenspraak met het management van HP Valves. Om de vergaarde kennis over de andere oorzaken van het kernprobleem niet verloren te laten gaan, beschrijven we ook hiervoor enkele oplossingen.

5. Hoe moeten de gekozen oplossingen geïmplementeerd worden? (hoofdstuk 6)

Nadat er in hoofdstuk 5 de oplossingen zijn uitgewerkt, zullen die ook geïmplementeerd moeten worden. Dit handelingsprobleem zal worden opgelost door een implementatieplan te schrijven, waarin vermeld staat welke stappen gevolgd moeten worden om de oplossing toe te passen. Voor elke oplossing wordt beschreven welke stappen er uitgevoerd moeten worden, wie die moet doen, waar dit moet gebeuren en wanneer dit moet gebeuren. Tevens staat beschreven hoelang de implementatie zal duren.

Tabel 1 - Deelvragen

2. Huidige situatie

Om een goed beeld te krijgen van de processen binnen HP Valves, die van belang zijn voor dit onderzoek, geven we in dit hoofdstuk een beschrijving van de huidige situatie. Tijdens dit onderzoek ligt de focus op twee processen die met elkaar samenhangen. Dit zijn de montage en de bevoorrading van de montage. In dit hoofdstuk geven we eerst een korte beschrijving van het gehele productieproces van HP Valves (2.1). Hierna gaan we uitgebreider in op het montageproces aan de Montagelijnen en het pick-to-light systeem (2.2). Als dit proces bekend is, kunnen we de bevoorrading van de montage toelichten. Aangezien het onderzoek zich voornamelijk op de Montagelijnen richt, spitsen we ons toe op de bevoorrading van de Montagelijnen en het 2-bin systeem (2.3).

Deze informatie is verkregen op basis van observaties en interviews met de werknemers die betrokken zijn bij deze processen, hun leidinggevende en het management van HP Valves. Naderhand is de beschreven informatie geverifieerd met de betrokkenen om de betrouwbaarheid te kunnen waarborgen.

2.1 Productieproces

Het productieproces van HP Valves is na de verhuizing naar Hengelo veranderd. Het voormalige productieproces verliep volledig in batches. Tegenwoordig verloopt de productie van de afsluiters vanaf de montage via one-piece-flow. Dit houdt in dat de producten per stuk door de fabriek en de processen verplaatst worden. Er is een continue doorstroom van producten. Productie in one-piece-flow heeft een aantal voordelen (Arnheiter & Maleyeff, 2005):

- Verspillingen als (tussen)voorraden, wachttijden en transport worden door one-piece-flow verminderd.
- De doorlooptijd van de producten is door one-piece-flow korter.
- Fouten kunnen sneller opgespoord en gecorrigeerd worden. Dit verhoogt de kwaliteit en maakt het proces flexibeler.

Het productieproces begint bij de machine bewerkingen. Hier worden de huizen van de afsluiters geproduceerd. Na de machinale bewerking krijgen de huizen van de afsluiters allemaal een serienummer. Een voorbeeld hiervan is te zien in afbeelding 5. Op basis van dit serienummer is voor elke afsluiter in Isah informatie te vinden. Voorbeelden hiervan zijn welke bewerkingen de afsluiter moet ondergaan, welke onderdelen hiervoor nodig zijn en testresultaten. Nadat de huizen in de soldeeroven zijn geweest, wordt het serienummer van de huizen gescand en worden de huizen aan de CALDAN-baan gehangen. Via deze CALDAN-baan kunnen afsluiters zich verplaatsen door de fabriek. De baan weet precies welke afsluiters er aan de de karretjes zitten en welke weg de afsluiter af moet leggen binnen de fabriek. Vanaf het ophangen van de afsluiter start de one-piece-flow.



Afbeelding 5 – Afsluiter met serienummer

Het productieproces van HP Valves is schematisch weergegeven in afbeelding 6.



Afbeelding 6 - Schematische weergave van het productieproces

2.2 Montageproces

De afsluiters die via de montagelijnen gemonteerd kunnen worden, worden via de CALDAN-baan naar de goede montagelijng getransporteerd. Daar haalt de montagemedewerker het huis van de CALDAN-baan en plaatst hem op de montagebank (afbeelding 7, pijl 1). De CALDAN-baan geeft aan het pick-to-light systeem aan om welke afsluiter het gaat. Aan de hand van stuklijsten in Isah weet het pick-to-light systeem welke onderdelen er nodig zijn. Voor de bakken waarin zich de onderdelen voor deze afsluiter bevinden, gaan lampjes branden (afbeelding 7, pijl 2). Hierdoor weet de monteur welke onderdelen hij nodig heeft.

De onderdelen zijn verdeeld in 4 secties. Als de monteur alle onderdelen van de desbetreffende sectie heeft gemonteerd, drukt hij op de zwarte knop aan het eind van deze sectie (afbeelding 7, pijl 3). De lampjes van de sectie voor de knop gaan dan uit en de lampjes van de benodigde onderdelen in de volgende sectie gaan aan. Het aantal onderdelen van dezelfde soort dat nodig is bij de montage is bekend bij de monteurs. Er brandt dus altijd één lampje, ook als een onderdeel meer dan één keer nodig is.

Er zijn afsluiters waarvan niet alle onderdelen aan de montagelijng liggen. Als er andere onderdelen nodig zijn dan aan de montagelijng liggen, dan worden deze nog wel ordergericht gepickt door de magazijnmedewerkers en ingeregeld in het pick-to-light systeem. Dit proces wordt verder toegelicht in paragraaf 2.3.4. Voor de monteur heeft dit geen gevolgen, als de bevoorrading accuraat is, zijn alle onderdelen op tijd op de goede plek te vinden.



Afbeelding 7 – pick-to-light montagelijng bij HP Valves

Bij een pick-to-light systeem hoeft de monteur dus nooit zelf naar de onderdelen te zoeken aan de hand van een stuklijst. Volgens de principes van Lean is beweging verspilling. Het is daarom van belang dat het gebied waarin de onderdelen liggen niet te groot is. Als dit wel het geval is, zoals bij de montagelijng, wordt het gebied opgedeeld in secties. De onderdelen liggen in de goede volgorde, zodat beweging voorkomen wordt. Bij drukte kunnen er meerdere monteurs per montagelijng aan het werk zijn, verdeeld over de secties. Hierdoor vindt er nog minder beweging plaats.

Een risico van een pick-to-light systeem is dat sommige speciale onderdelen, die niet noodzakelijk zijn voor de montage, zoals accessoires, vergeten kunnen worden als deze te laat worden aangeleverd aan de montagelijng. De monteur merkt niet dat er onderdelen missen, doordat er nog geen lampje is ingeregeld voor dit onderdeel en de monteur dus geen signaal krijgt.

2.3 Bevoorrading van de montage

Twee magazijnmedewerkers van HP Valves zijn verantwoordelijk voor de bevoorrading van de gehele montage. Deze medewerkers hebben de taken onderling verdeeld en ondersteunen elkaar als dit nodig is en als hier tijd voor is. De werkzaamheden zijn te verdelen in 4 categorieën:

- Het verzamelen en bijvullen van de bakken die aan de montagelijng liggen, ook wel de bevoorrading van het 2-bin systeem genoemd.
- Speciale onderdelen verzamelen en inregelen in de montagelijng.
- Het verzamelen van speciale huizen en bijbehorende onderdelen, die niet aan de montagelijng worden gemonteerd.
- Onderdelen terugleggen als de klant tijdens de productie de stuklijst heeft gewijzigd.

De eerste categorie wordt uitgevoerd door één van de magazijnmedewerkers en de andere drie categorieën door de andere magazijnmedewerker.

Dit onderzoek splitst zich toe op de vier 'normale' pick-to-light montagelijnen. Daarom zal er niet naar alle werkzaamheden gekeken worden, maar alleen naar de werkzaamheden die betrekking hebben op de montagelijnen. Dit zijn de bevoorrading van het 2-bin systeem en het verzamelen en inregelen van speciale onderdelen. Voor beide processen is een beschrijving en een procesmap gemaakt. Voordat dit aan de orde komt, leggen we eerst uit hoe het voorraadsysteem van de montagelijnen precies werkt en hoe goederen bij HP Valves liggen opgeslagen.

2.3.1 Two-bin systeem

Het voorraadbeheer van de montageafdeling gaat aan de hand van een 2-bin systeem. Een 2-bin systeem is een pull productiesysteem. Dit houdt in dat er vanaf het eind van de logistieke keten producten die kant op worden "getrokken".

Een 2-bin systeem is een vorm van een kanban systeem. Een kanban systeem is een hulpmiddel, afkomstig uit het Lean manufacturing system. Bij het 2-bin systeem zijn de voorraden per onderdeel verdeeld over 2 (of meer) bakken. De ene is grijpvoorraad en de andere is buffervoorraad. Het is de bedoeling dat er alleen onderdelen uit de bak met grijpvoorraad worden gepakt. Wanneer de bak grijpvoorraad leeg is, wordt deze onder de schappen in een rek gelegd. De buffervoorraad wordt dan de nieuwe grijpvoorraad. Ondertussen wordt de lege bak opgehaald en gevuld met nieuwe onderdelen. Als dit gebeurd is, wordt de bak achteraan in de rij teruggezet. Dit is dan de nieuwe buffervoorraad. De bedoeling is dat de bakken een dusdanig aantal onderdelen bevat dat genoeg is om te kunnen blijven produceren, terwijl de andere bak gevuld wordt.



Afbeelding 8 - 2-bin systeem bij HP Valves

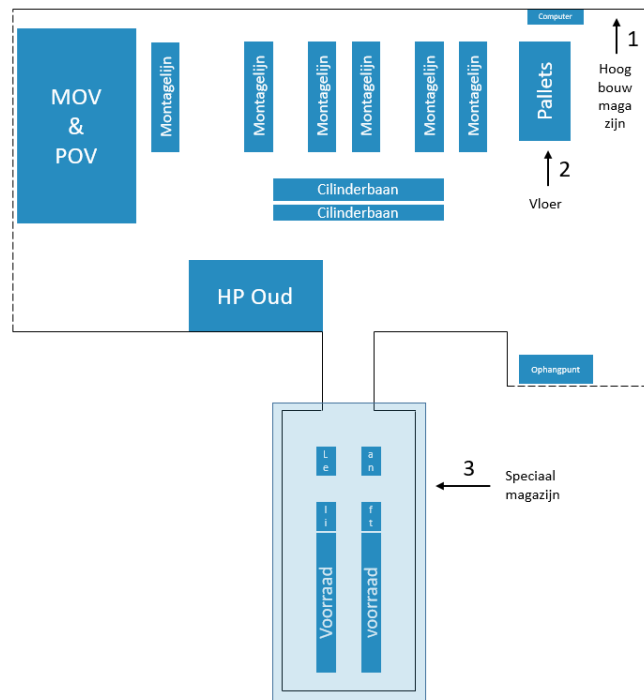


Afbeelding 9 – Gitterbox met onderdelen

Afbeelding 8 is een foto van het 2-bin systeem bij HP Valves. Op de afbeelding is te zien dat er naast blauwe bakken ook groene bakken zijn. De groene bakken zijn voor onderdelen die te groot zijn om in de schappen te plaatsen. In de groene bakken ligt één voorbeeld onderdeel. De grijpvoorraad van dit onderdeel ligt in een gitterbox direct achter de plek waar de monteur staat (afbeelding 9). De bevoorrading van deze onderdelen gaat niet aan de hand van een systeem, maar de voorraad wordt bijgevuld als door de magazijnmedewerkers of de monteurs wordt gezien dat deze bijna op raakt.

2.3.2 Opslag van goederen

Goederen kunnen binnen HP Valves op een aantal verschillende plekken worden opgeslagen. Zie afbeelding 10. De grootste opslag is het hoogbouwmagazijn (1), hier worden zowel ruwe materialen, halffabricaten als eindproducten opgeslagen. Zoals in sectie 1.1 genoemd is, kunnen pallets uit het hoogbouwmagazijn gehaald worden door een opdracht door te geven aan het automatisch geleid voertuig (AGV). De plek waar de pallets worden geplaatst als ze uit het hoogbouwmagazijn zijn, noemen we de vloer (2). Daarnaast is er nog een magazijn, dit wordt het speciaal magazijn genoemd (3). Hier bevinden zich onderdelen in vier Lean liften. Dit zijn computergestuurde magazijnstellingen. Lean liften zijn hoge, afgesloten stellingen. Hierdoor is het ruimtebesparend en beschermt het de inhoud. Ook zijn er in het speciaal magazijn nog gewone magazijnstellingen waarop pallets met onderdelen te vinden zijn. Tevens is er nog voorraad te vinden aan de montagelijnen, dit is grijpvoorraad.



Afbeelding 10 - Weergave opslag goederen

2.3.3 Bevoorrading van het two-bin systeem.

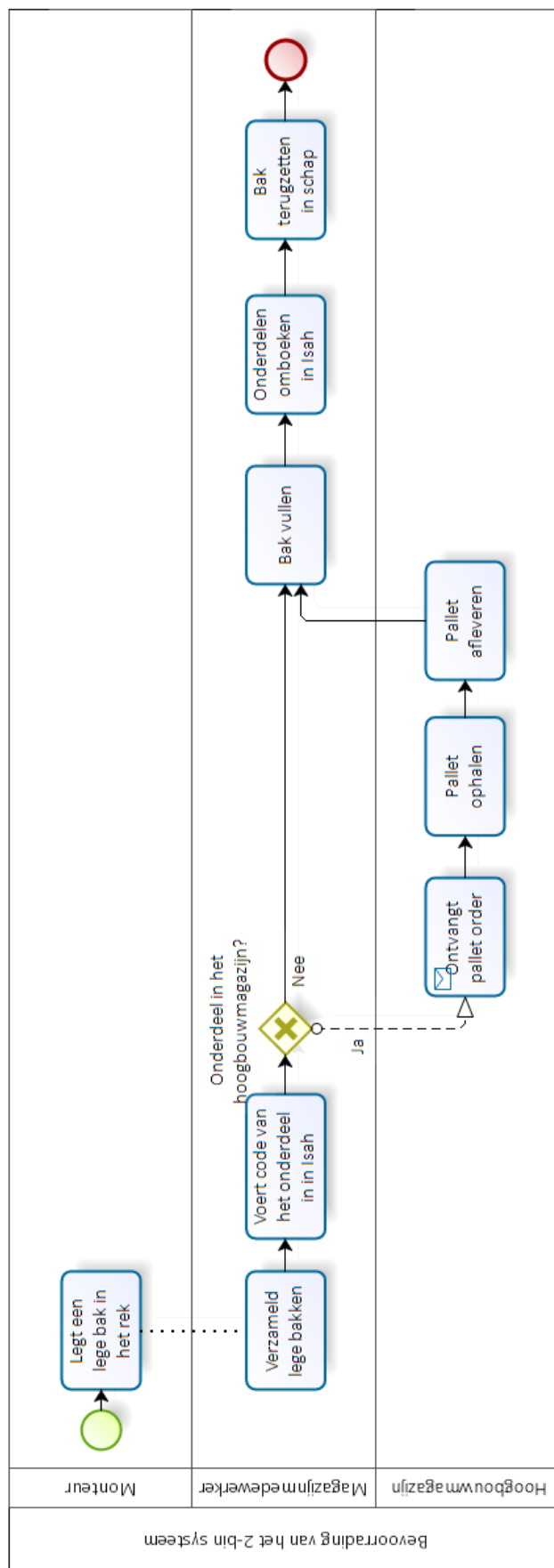
Eén van de taken van de magazijnmedewerkers met betrekking tot het bevoorraden van de montagelijnen, is de bevoorrading van het 2-bin systeem. Het gaat hierbij om het verzamelen en bijvullen van de bakken die aan de montagelijnen liggen. In afbeelding 12 zijn deze werkzaamheden weergegeven in een procesmap.

Als een bak leeg is, leggen de monteurs deze bak in het rek onder de montagebank (zie afbeelding 11). De magazijnmedewerker loopt regelmatig langs de rekken om te controleren of er lege bakken zijn en neemt deze mee. Elke bak heeft een sticker met een code, aan de hand hiervan kan de magazijnmedewerker zien welk onderdeel er in de bak moet. Op de computer voert hij de code in, hier zie hij waar het onderdeel zich bevindt. Als het onderdeel zich niet in het hoogbouwmagazijn bevinden, kunnen de onderdelen direct worden verzameld vanuit één van de overige opslagplekken. Als het onderdeel zich wel in het hoogbouwmagazijn bevinden, moet er een pallet worden aangevraagd en kunnen er pas onderdelen verzameld worden als de pallet uit het hoogbouwmagazijn is gekomen.



Afbeelding 11 – Rek met lege bakken

Als de onderdelen verzameld zijn en de bak is gevuld, boekt de magazijnmedewerker de voorraad om van de oude naar de nieuwe locatie en hierna kan de bak op de juiste plek in het schap van de montagelijnen worden teruggezet.



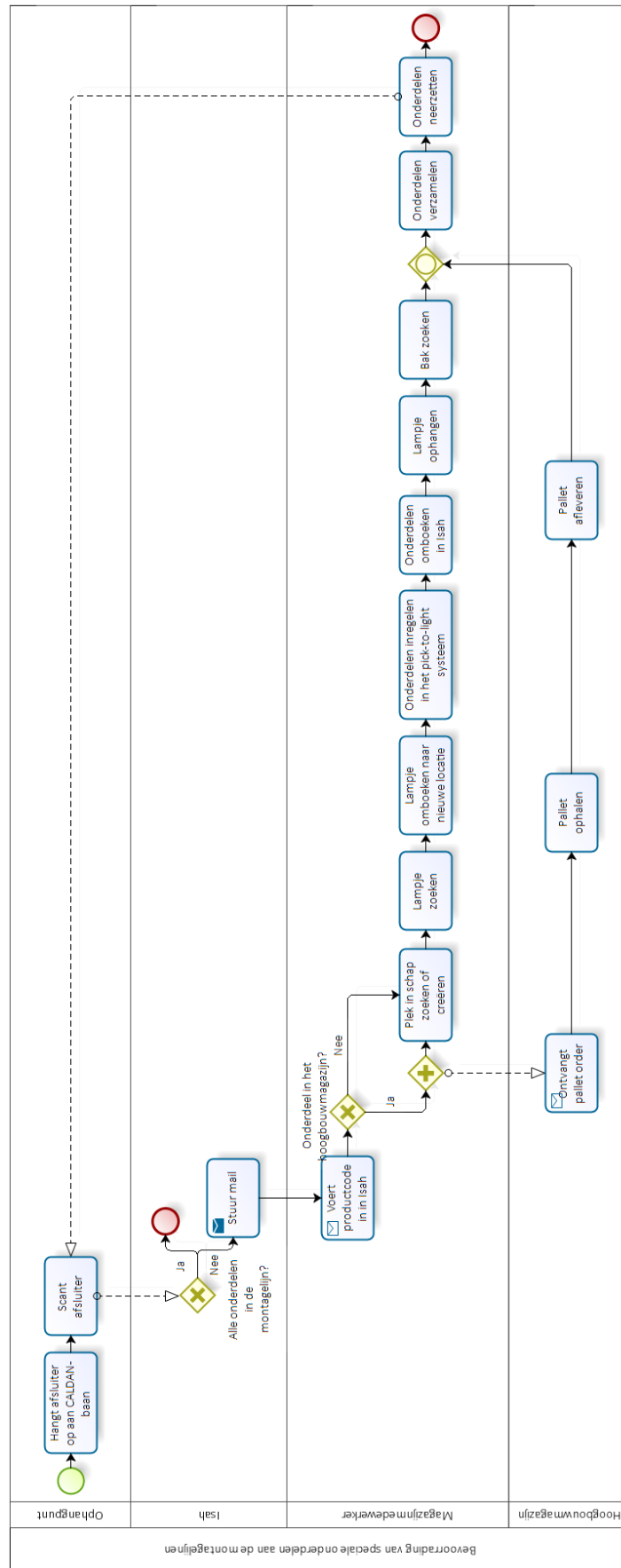
Afbeelding 12 - Procesmap van de bevoorrading van het 2-bin systeem

2.3.4 Bevoorrading van speciale onderdelen aan de montagelijnen

Naast de onderdelen die aan de montagelijnen liggen, zijn er ook nog speciale onderdelen die niet aan de montagelijnen liggen. Deze onderdelen worden door de magazijnmedewerkers verzameld en ingeregeld in het pick-to-light systeem. Dit proces is weergegeven in een procesmap, deze is terug te vinden in afbeelding 13.

Het proces begint als het huis van de afsluiter opgehangen wordt aan de CALDAN-baan. Het serie nummer van de afsluiter wordt gescand. Als de benodigde onderdelen voor deze afsluiter niet aan de montagelijnen liggen, kan het huis niet aan de CALDAN-baan worden opgehangen. Er wordt automatisch een mail gestuurd richting de magazijnmedewerkers. Hierin staat om welke onderdelen het gaat. De magazijnmedewerker zoekt op hoeveel van deze onderdelen er de komende tijd nodig zijn en waar de onderdelen zich bevinden. Hij zorgt, zo nodig, dat er een pallet wordt aangevraagd bij de AGV.

De magazijnmedewerkers gaan vervolgens op zoek naar een plek in de schappen van de montagelijnen waar het onderdeel moet komen te liggen. Als er niet direct een plek is, probeert de magazijnmedewerker deze te creëren. Dit kan bijvoorbeeld door het verwijderen van onderdelen die al lang niet meer gebruikt zijn. Tevens zoekt hij een lampje en koppelt dit lampje aan de nieuwe locatie. Ook de onderdelen koppelt hij aan deze locatie en het aantal benodigde onderdelen boekt hij in Isah om naar de locatie. Hierna kan hij het lampje ophangen en op zoek gaan naar een lege bak. Als de onderdelen te bereiken zijn, wordt de benodigde hoeveelheid verzameld. Als laatst wordt de bak met onderdelen aan de montagelijnen geplaatst. Het ophangpunt wordt ingelicht dat de benodigde onderdelen aanwezig zijn en dat het huis opgehangen kan worden.



Afbeelding 13 - Procesmap van de bevoorrading van het speciale onderdelen aan de montagelijnen

2.4 Conclusie

Het productieproces van HP Valves is te verdelen in grofweg 5 stappen. Dit zijn: machinale bewerkingen, solderen, montage, spuitelij en expeditie. De productie loopt na de soldeeroven grotendeels via one-piece-flow. De afsluiters bewegen zich via de CALDAN-baan naar de plekken waar ze bewerkingen moeten ondergaan.

Het montageproces wordt geleid door een pick-to-light systeem. Dit geeft via gegevens uit Isah door welke onderdelen er nodig zijn en door middel van lampjes wordt dit aan de monteurs gecommuniceerd. De voorraad van de onderdelen wordt bijgevuld aan de hand van een 2-bin systeem. Dit is een vorm van een kanban systeem, waarbij de voorraad is verdeeld over 2 (of meer) bakken. De inhoud van één bak moet genoeg zijn om door te produceren tot de andere bak gevuld is.

De opslag van de onderdelen gebeurt in het hoogbouwmagazijn, de Lean liften of het speciaal magazijn.

Er zijn twee magazijnmedewerkers verantwoordelijk voor de bevoorrading van de montage. Zij hebben twee taken die betrekking hebben op de montagelijnen, namelijk de bevoorrading van het 2-bin systeem en het verzamelen en inregelen van speciale onderdelen.

3. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de tweede deelvraag van dit onderzoek, die luidt: ‘Wat is Lean management?’. Allereerst geven we een inleiding over Lean aan de hand van bestaande kennis (3.1). Dit omvat een inleiding over Lean management, de vijf principes van Lean, the House of Lean en de acht verspillingen van Lean. Hierna geven we meer informatie over, voor dit onderzoek relevante, Lean technieken waarmee verspilling kan worden opgespoord (3.2). Dit omvat value stream mapping, time value mapping en spaghetti diagrammen. In bijlage B staat een beschrijving van het theoretisch kader, het literatuur onderzoek en de conceptmatrix die hierbij gemaakt is.

3.1 Lean management

In deze paragraaf wordt toegelicht wat Lean management is. Dit doen wij aan de hand van een korte introductie over Lean in paragraaf 3.1.1. vervolgens worden de vijf principes van Lean beschreven in paragraaf 3.1.2. Hierna worden The House of Lean toegelicht (3.1.3) en de 8 verspillingen van Lean benoemd (3.1.4).

3.1.1 Wat is Lean management?

Lean management is een managementfilosofie die zich richt op het leveren van een zo groot mogelijke kwaliteit tegen zo laag mogelijke kosten. Begin twintigste eeuw begon Henry Ford met het produceren van de eerste auto die te betalen was voor ‘de gewone man’. Deze auto, T-Ford, werd geproduceerd op een lopende band. Gebaseerd op onder andere dit idee ontstonden de eerste ideeën voor het Toyota Production System, wat de oorsprong van Lean is.

Lean richt zich op het elimineren van handelingen die geen waarde toevoegen voor de klant. Hierdoor gaan de operationele kosten omlaag. Daarnaast richt Lean zich op het creëren van een zo goed mogelijk product of service. Om deze twee punten optimaal te kunnen toepassen in de praktijk is er een heel belangrijke vereiste, namelijk betrokkenheid van mensen. Om Lean succesvol te laten werken moet er continue verbetering zijn op alle drie deze punten (Bicheno & Holweg, 2009).

3.1.2 De vijf principes van Lean

Nadat de visie van Lean was bedacht binnen Toyota, hebben Womack, Jones en Roos deze in 1991 voor het eerst op papier gezet in het boek *The machine that changed the world – the story of Lean production*. Later stelden Womack en Jones (1996) de vijf basisprincipes van Lean op. Deze zijn als volgt:

1. **Specificeer de waarde voor de klant**

Vaak bieden fabrikanten of bedrijven hun klanten producten of services aan die gebaseerd zijn op wat zij verwachten dat voor de klant van belang is of wat voor hen gemakkelijk te produceren is. Lean daarentegen focust zich op wat de klant van waarde vindt. De producent moet zijn product of service hierop baseren en niet op zijn eigen visie. Dit hoeft niet alleen te gaan over het product, maar bijvoorbeeld ook de prijs die voor het product gevraagd wordt of de levertijd.

2. **Identificeer de waarde stroom**

Het tweede principe van Lean zegt dat er gekeken moeten worden naar hoe de processen van begin tot eind presteren. Niet alleen de processen die zich binnen het bedrijf afspelen, maar de processen van de gehele supply chain. De prestatie van de waarde stroom is afhankelijk van het slechtst presterende proces, ook wel de bottleneck genoemd. Het doel is om alle stappen in de processen die geen waarde toevoegen te identificeren en een manier te vinden om deze stappen te elimineren.

3. Zorg voor flow

Nadat de verspillingen uit de processen gehaald zijn, is de volgende stap het creëren van flow. Door alle processtappen zo in te richten dat ze evenveel tijd in beslag nemen, kunnen de producten geleidelijk door het productieproces bewegen. Op deze manier ontstaan er geen wachtrijen of voorraden. Door in plaats van in batches, per product te produceren, kan de ideale flow bereikt worden. Dit wordt ook wel one-piece-flow genoemd.

4. Creëer pull productie

Het hele proces is nu ingericht met alleen waarde toevoegende stappen en flow. Het volgende principe van Lean is vraaggestuurd produceren. Dit houdt in dat er alleen geproduceerd wordt als er ook werkelijk vraag is naar een product. De tegenhanger hiervan is push productie. Hierbij worden producten door de productieketen 'geduwd', waardoor er grotere voorraden en hoeveelheden onderhanden werk ontstaan. In sommige situaties is er met pull productie alsnog voorraad nodig. Echter gaat het dan om een minimale voorraad en deze wordt just-in-time aangevuld.

5. Perfectie nastreven

Het laatste principe van Lean is streven naar perfectie. Dit houdt niet alleen in dat er een defect-vrije productie moet zijn, maar ook dat er precies geleverd moet worden wat de klant wil, wanneer de klant dit wil, voor een eerlijke prijs en dit allemaal zonder verspillingen. Door de processen continue te blijven verbeteren, moet er geprobeerd worden steeds dichterbij de perfectie in de buurt te komen.

3.1.3 The House of Lean

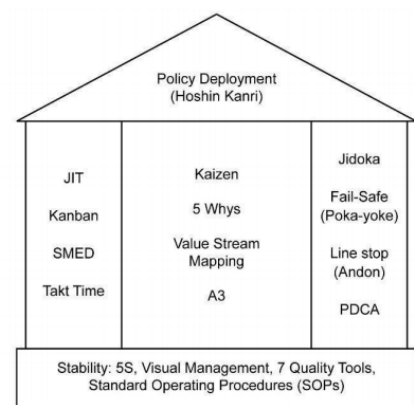
The House of Lean is een raamwerk dat structuur biedt tijdens de implementatie van Lean. Het geeft aan welke stappen nodig zijn om Lean goed te kunnen realiseren. Ook de volgorde van de implementatie is beschreven. Het bouwen van een huis begint namelijk bij de fundering en eindigt met het dak.

De fundering bestaat uit onderdelen die stabiliteit creëren. Het standaardiseert de processen en maakt ze daardoor voorspelbaar en betrouwbaar.

De pilaren van Lean kunnen beschreven worden als 'Stop' en 'Go'. Aan de linkerkant bevindt zich Just-in-time, dit is de 'Go'-kant. Het stimuleert beweging door middel van flow en pull productie. Aan de rechterkant bevindt zich Jidoka, dit is de 'Stop'-kant. Jidoka staat voor kwaliteit. Door middel van onder andere poka-yoke, dit is een methode om processen zo in te richten dat fouten maken bijna onmogelijk is, en PDCA, een cyclus die zich focust op continue verbetering. Zo kunnen processen zodanig worden ingericht dat de kwaliteit gewaarborgd kan worden.

Het midden van het huis geeft methoden weer waarmee continue verbetering en perfectie behaald kunnen worden.

Het dak van het huis is beschreven als Policy Deployment of ook wel Hoshin Kanri. Het dak geeft het doel van de verbeteractiviteiten van het bedrijf weer.



Afbeelding 14 - The house of Lean (Bicheno and Holweg, 2009)

3.1.4 De acht verspillingen van Lean

Binnen Lean worden 3 M's geïdentificeerd: Muda, Mura en Muri. Muda staat voor verspilling, Mura voor variatie en Muri voor overbelasting. Verspilling is door de voormalige directeur van Toyota benoemd als: 'alles behalve de minimale hoeveelheid apparatuur, materiaal, onderdelen, ruimte en werktijd, die absoluut essentieel zijn om waarde toe te voegen aan het product'. Zoals eerder genoemd, moeten verspillingen volgens de principes van Lean zoveel mogelijk worden geëlimineerd. Het voorkomen van verspilling is minstens net zo belangrijk als het elimineren van verspillingen. Binnen Lean zijn er 8 soorten verspillingen:

1. *Overproductie*
Dit wordt beschouwd als de ergste vorm van verspilling, omdat het de oorzaak zou zijn van andere problemen en verspillingen. Het gaat om het produceren van te veel producten, te vroeg maken van producten of 'voor de zekerheid' produceren.
2. *Wachten*
Als processen niet goed op elkaar aansluiten, ontstaat er wachttijd. Dit werkt de flow tegen. De doorlooptijd van producten wordt hierdoor vergroot.
3. *Beweging*
Dit verwijst naar onnodige beweging van zowel mensen als door lay-out. Als werkplekken niet goed ingericht zijn, moet er onnodig bewogen worden, dit is verspilde tijd en energie.
4. *Transport*
Het gaat hierbij om onnodige verplaatsing van goederen. Dit kost niet alleen tijd en geld, maar hierdoor raken producten ook extra snel beschadigd. Daarnaast is transport nauw verbonden met communicatie. Hoe groter de afstanden, hoe groter de kans dat de kwaliteit van de communicatie verslechtert.
5. *Overbewerking*
Bij overbewerking gaat er over het uitvoeren van meer handelingen dan strikt noodzakelijk is. Dat kan gaan over het product, meer toevoegen dan dat de klant vraagt. Maar het kan ook gaan over het proces, zoals opnieuw data invoeren, teveel inspectie of geen standaardisatie.
6. *Voorraad*
Er zijn verschillende soorten voorraad: ruw materiaal, onderhanden werk en gereed product. Het hebben van helemaal geen voorraad is iets dat erg moeilijk te bereiken is. Echter is het wel zo dat voorraad zoveel mogelijk gereduceerd moet worden. Voorraad neemt namelijk geld en ruimte in.
7. *Defecten*
Defecten moeten worden hersteld, dit kost tijd, energie en geld. Het kan zijn dat de fout signaleerd wordt tijdens de productie of controle, maar het kan ook zijn dat de klant de fout ontdekt. Als dit het geval is ontstaan er nog meer verspillingen, denk aan retourzendingen, klachtenafhandeling en mogelijk verloren verkopen.
8. *Talent*
De laatste toegevoegde verspilling is talent. Het gaat hierbij om het niet benutten van de vaardigheden en talenten van medewerkers. Bijvoorbeeld hoogopgeleide medewerkers routinekussen laten uitvoeren die ook gedaan zouden kunnen worden door minder hoogopgeleide medewerkers. Dit kan leiden tot ontevreden en ongemotiveerde medewerkers.

3.2 Verspillingen in kaart brengen

In deze paragraaf worden drie technieken beschreven waarmee verspillingen kunnen worden geconstateerd. We beginnen met een value stream mapping in paragraaf 3.2.1, gevolgd door een time value map (3.2.2) en een spaghetti diagram (3.2.3).

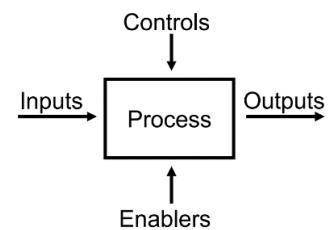
3.2.1 Value stream mapping

Value stream mapping (VSM) is een techniek binnen Lean die zich richt op het in kaart brengen van verspillingen en het verbeteren van de waardeketen binnen organisaties. Door het in kaart brengen en analyseren van processen via VSM kan de doorlooptijd worden gereduceerd en kunnen verspillingen worden geëlimineerd (Theisens, 2016).

Value stream mapping visualiseert het hele proces door gebruik te maken van standaard symbolen en door de stappen in de processen te kwantificeren. Het maken van een value stream map is alleen zinvol als er ook werkelijk wat mee gedaan wordt. Als dit niet het geval is, is het zinloos en dus verspilling (Bicheno & Holweg, 2009).

Value stream mapping bestaat uit vier fases (Gustavsson & Axelsson, 2010). Deze zijn als volgt:

1. *Value stream scope*. Deze fase bestaat uit het vaststellen welk proces verbeterd gaat worden en het geven van een duidelijk beeld van dit proces. Er moet antwoord worden gegeven op de volgende vragen: waar begint het proces, waar eindigt het, wat speelt er zich af. Dit kan weergegeven worden in een input-output model (afbeelding 15). Het proces kan hierin als geheel beschreven worden of de processtappen kunnen hierin los van elkaar beschreven worden. Daarnaast bevat deze fase de beschrijving van een werkplan en het vaststellen van controleparameters. Deze parameters worden uiteindelijk in de current en future map weergegeven en aan de hand hiervan worden de processen kwantificeerbaar.
2. *Current state*. Tijdens deze fase wordt de huidige situatie in beeld gebracht. Deze stap kan het best worden uitgevoerd door de processen te observeren. Allereerst moeten de eisen van de klant worden geïdentificeerd. Vervolgens moeten de materiaal- en informatiestromen in kaart worden gebracht. Hierbij moeten de gekozen parameters voor elke processtap benoemd worden.
3. *Future state*. Het doel van deze fase is het verbeteren van het proces. Hiervoor dient eerst de huidige situatie geanalyseerd te worden. Uiteraard wordt dit gedaan door een Lean-bril. Er wordt een aantal vragen gesteld: Wat wil de klant? Welke stappen creëren waarde en welke stappen doen dit niet? Hoe kunnen we het proces gestroomlijnder laten verlopen? Gebruikmakend van deze vragen kan de *future state* worden ontwikkeld. Dit is een weergave van het proces met daarin verwerkt verbeteringen die kunnen worden doorgevoerd.
4. *Workplan and implementation*. Als zowel de *current state* als de *future state* zijn beschreven, moet er een werkplan opgesteld worden met daarin de vereiste stappen. Ook moet benoemd worden wanneer deze stappen uitgevoerd dienen te worden en wie dit dient te doen. Daarna kan het plan ook werkelijk worden uitgevoerd. Het is belangrijk dat er documentatie plaatsvindt, zodat de opgedane kennis niet verloren gaat.

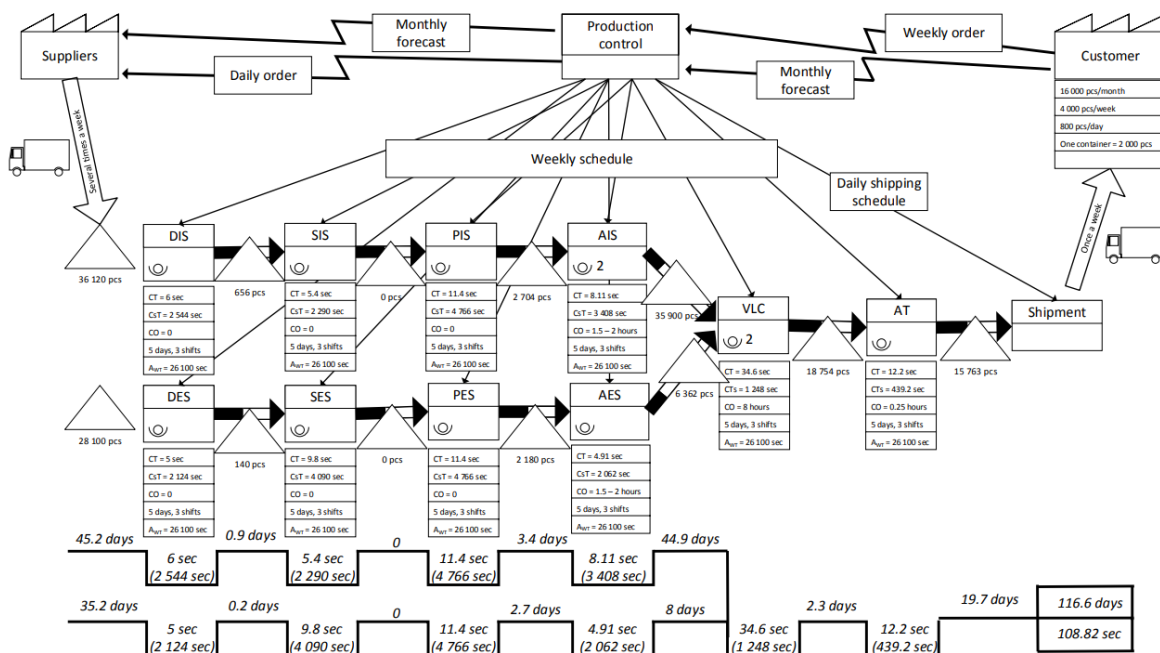


Afbeelding 15 - Input-output model
(Gustavsson & Axelsson, 2010)

Nu de vier fases van value stream mapping bekend zijn, moet alleen nog antwoord worden gegeven op de vraag hoe je zo'n map opstelt. H.C. Theisens (2016) heeft hiervoor een stappenplan opgesteld.

1. *Breng de klantvraag in kaart*
2. *Breng de productietijd in kaart*
3. *Breng de processtroom en voorraad in kaart*
4. *Voeg de materiaalstroom tussen de processen toe*
5. *Voeg vakken toe met gegevens*
6. *Voeg de informatiestromen toe*
7. *Voeg de stroom van ruwe materialen en eindproducten toe*
8. *Voeg een tijdlijn toe met wachttijden en cyclustijden*
9. *Stel de Value Added Time vast*

In onderstaande afbeelding (16) zijn deze stappen weergegeven. Dit is een voorbeeld van een current state. Hierin zijn 10 processtappen te zien. Eerst lopen er 2 processen parallel die later samenkomen. De materiaal- en informatiestromen zijn weergegeven door middel van pijlen en voorraad is weergegeven met behulp van driehoeken. Daarnaast zijn per proces variabelen benoemd zoals CT, wat cyclustijd betekent, Cst, wat staat voor de cyclustijd voor een batch en CO, dit staat voor de omsteltijd. Cyclustijd is de tijd tussen het begin van een ronde en het begin van de volgende ronde. Omsteltijd is de tijd die het kost om een machine om te bouwen voor de volgende bewerking.



Afbeelding 16 - Voorbeeld value stream map (Stadnicka & Antonelli, 2015)

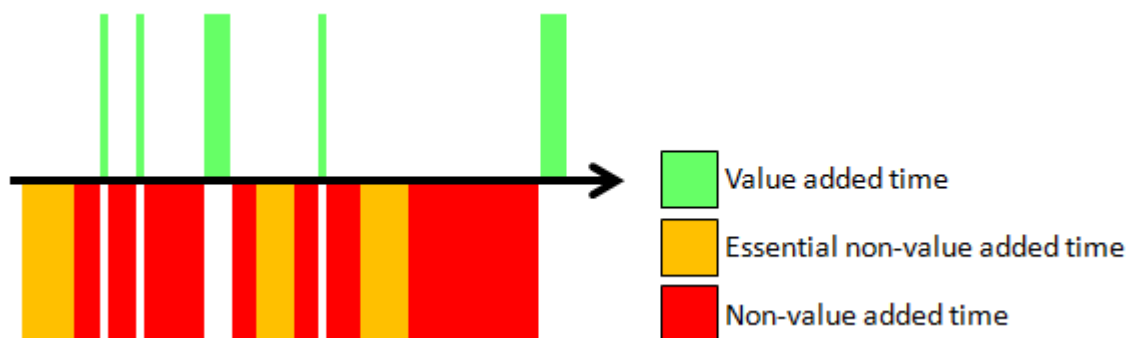
Value stream mapping kan meer dan één keer op dezelfde serie processen worden toegepast. Nadat de current state is veranderd in de future state kan er een nieuwe future state en implementatieplan worden opgesteld. Deze ontwikkeling kan eindeloos doorgaan, er vindt dan continue verbetering plaats (Ani, Razali, & Rhaffor, 2014).

3.2.2 Time value map

Een time value map geeft weer hoe de tijd die het proces kost, verdeeld is over de verschillende stappen die plaatsvinden binnen het proces. Daarnaast laat het ook direct zien wat voor soort activiteit deze processtap is. Binnen processen zijn drie categorieën activiteiten te onderscheiden (Theisens, 2016):

- Waardetoevoegende activiteiten. De klant vindt deze activiteit van waarde en is daarom ook bereid hiervoor te betalen. Deze activiteiten zijn in het groen weergegeven in de time value map.
- Niet-waardetoevoegende activiteiten. De klant vindt deze activiteit niet van waarde en wil hier dus ook niet voor betalen. Het is noodzakelijk dat deze stappen uit het proces worden verwijderd, omdat deze geld kosten, maar niks opleveren. Deze activiteiten worden in het rood weergegeven in de time value map.
- Noodzakelijke activiteiten. Deze stappen voegen geen waarde toe voor de klant. Echter zijn ze essentieel om het proces uit te kunnen voeren en kunnen dus niet uit het proces worden verwijderd. Deze activiteiten worden in het oranje weergegeven in de time value map.

Om een time value map te maken, moet er eerst een proces gekozen worden dat in kaart gebracht gaat worden. Hierna moet er data over dit proces worden verzameld. Van alle stappen in het proces moet vastgesteld worden in welke van de drie categorieën het zich bevindt. Ook moet worden vastgesteld hoelang er gemiddeld over deze stap gedaan wordt. Deze informatie kan worden verwerkt tot een time value map. Hierin zijn de stappen in chronologische volgorde weergegeven in de kleur die bij de categorie van de stap hoort (Bowen & McDonough, 2013). Een voorbeeld van een time value map is weergegeven in afbeelding 17.

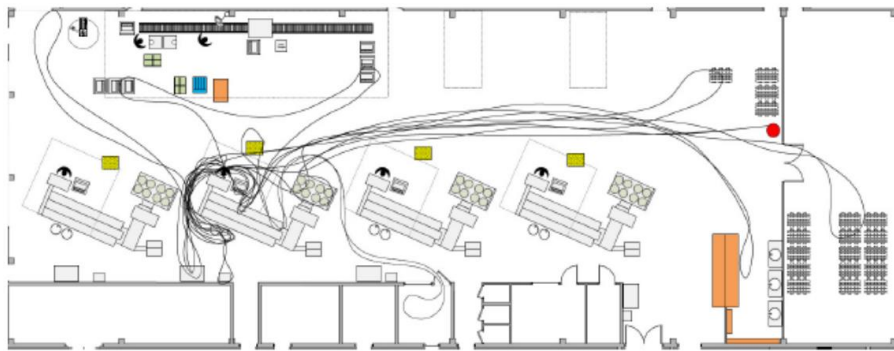


Afbeelding 17 - Time value map (Continuous Improvement Toolkit, 2018)

Een time value map geeft een duidelijke visualisatie van de verspillingen die in een proces voorkomen. Verspillingen kosten geld. Door deze verspillingen te verwijderen, verloopt het proces niet alleen sneller, maar kost de uitvoering van het proces ook minder tijd. Dit is een win-win situatie. Het product is tegen lagere kosten sneller bij de klant (Jones, 2010).

3.2.3 Spaghettidiagram

De inrichting van processen en ruimte waar processen plaatsvinden, is van grote invloed op de prestaties van een bedrijf. Er zijn dan ook veel verschillende manieren waarop dit kan gebeuren. Eén van de criteria waarop bepaald kan worden of de goede lay-out gekozen is, is door de kijken naar de beweging van werknemers. Dit kan gedaan worden aan de hand van een spaghettidiagram. Een spaghettidiagram is een hulpmiddel dat wordt gebruikt om verspillingen in kaart te brengen. Door middel van een spaghettidiagram kan beweging van een persoon of voorwerp worden gevisualiseerd en geanalyseerd (Senderska, Mares, & Vaclav, 2017). In afbeelding 18 is een voorbeeld van een spaghettidiagram.



Afbeelding 18 - Voorbeeld van een spaghettidiagram (Senderska, Mares, & Vaclav, 2017)

Een spaghettidiagram is één van de hulpmiddelen van Lean om verspillingen in kaart te brengen. Aan de hand van deze tool kan de lay-out van werkplekken geoptimaliseerd worden. Dit bestaat uit twee fases. Allereerst moet er een spaghettidiagram gemaakt worden. Vervolgens kan deze geanalyseerd worden en kunnen de verspillingen worden vastgesteld.

Een spaghettidiagram wordt gemaakt op een plattegrond van een ruimte, bijvoorbeeld een gebouw, productiegebied of werkplaats. Met behulp van een lijn wordt de beweging van een persoon of voorwerp weergegeven. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van verschillende kleuren, zodat er onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende personen, werkzaamheden, voorwerpen of tijdstippen. Voordat er een spaghettidiagram gemaakt kan worden, dient er een aantal beslissingen genomen te worden.

1. Er moet een doel gesteld worden, bijvoorbeeld het evalueren van verschillende lay-outs of een verandering van de lay-out.
2. Er moet gekozen worden hoe de inputdata verwerkt wordt. Denk hierbij aan 2D of 3D tekeningen of bijvoorbeeld schetsen.
3. Er moet bepaald worden wat voor proces er geanalyseerd gaat worden. Zoals, is dit de bestaande lay-out of een voorstel voor een nieuwe lay-out?
4. Er moet besloten worden wat er geobserveerd gaat worden. Bijvoorbeeld, wordt er gekeken naar één medewerker in verschillende lay-outs of naar meerdere medewerkers in één lay-out

Tijdens de analyse kan er gekeken worden naar de afstand die de persoon of het voorwerp aflegt, het aantal bewegingen dat gemaakt wordt en het aantal overlappende of kruisende bewegingen. Op basis hiervan kunnen inefficiënte bewegingen en ineffectieve gebieden in kaart worden gebracht. Als het duidelijk is welke verspillingen er plaatsvinden en waar deze plaatsvinden, kunnen er oplossingen worden bedacht. Het is mogelijk om de verbetering van de verschillende oplossingen te meten door nogmaals een spaghettidiagram te maken en te analyseren.

Uiteindelijk worden door het maken van een spaghettidiagram inefficiënt transport en beweging in kaart gebracht en kan op basis hiervan de lay-out worden geoptimaliseerd.

3.3 Conclusie

In hoofdstuk 3 is onderzoek gedaan naar de vraag: *'Wat is Lean Management?'*. Deze vraag is beantwoord door informatie te geven over de principes van Lean, The House of Lean en de acht verspillingen van Lean.

Tevens zijn er drie methodes besproken waarmee verspillingen in kaart kunnen worden gebracht. De eerste is value stream mapping. Dit is een methode met als doel de waardestroom binnen een organisatie verbeteren. Een value stream map brengt de processen in een organisatie in kaart en maakt het mogelijk deze te analyseren, waardoor verspillingen kunnen worden geëlimineerd. De eerste stap van value stream mapping is het goed in beeld krijgen van het proces en de parameters vaststellen. Vervolgens kan er een current state worden gemaakt. Na analyse hiervan kan een future state worden gemaakt. Dit is hetzelfde proces, maar dan zitten er verbeteringen in verwerkt waardoor er minder verspilling plaatsvindt. Als laatste moet er een implementatieplan geschreven worden om deze verbeteringen door te voeren.

De tweede methode die beschreven is, is een time value map. Dit geeft schematisch de verschillende stappen in een proces op chronologische wijze weer. Daarnaast is van elke stap te zien of deze waarde toevoegt. Hierdoor kunnen verspillingen in één oogopslag gezien worden.

De laatste methode die besproken is, is een spaghetti diagram. Dit is een visuele weergave van de beweging van een product of persoon. Deze wordt gemaakt op een plattegrond van de ruimte waardoor het product of de persoon zich beweegt. De analyse van een spaghetti diagram kan aan de hand van de afgelegde afstand, het aantal bewegingen en het aantal kruisende of overlappende bewegingen. Op basis hiervan kan een inefficiënte beweging worden opgespoord en kan de inrichting van een werkplek worden geoptimaliseerd.

4. Probleemanalyse

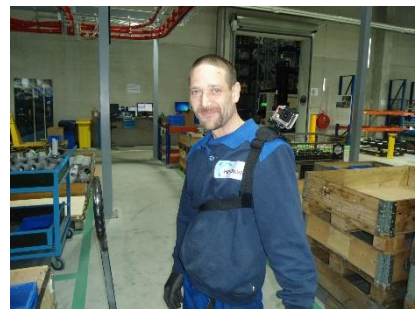
In hoofdstuk 2 is de huidige situatie bij HP Valves beschreven en in hoofdstuk 3 is informatie verzameld over Lean. In dit hoofdstuk analyseren we het probleem binnen HP Valves verder. We geven antwoord op de vraag: ‘Welke verspillingen zien we terug binnen het bevoorradingsproces van de montageafdeling?’. In paragraaf 4.1 analyseren we de situatie door middel van spaghetti diagrammen, time value maps en door informatie te verzamelen uit interviews en observaties. In paragraaf 4.2 bepalen we welke verspillingen er plaatsvinden bij HP Valves en stellen we vast met welke variabelen we deze verspillingen gaan meten (4.3). De gevonden problemen geven we weer in een figuur en uiteindelijk kiezen we wat we tijdens dit onderzoek aan gaan pakken (4.4). De informatie die tijdens het onderzoek verzameld wordt, wordt altijd geverifieerd met de belangrijke betrokken partijen.

4.1 Analyses

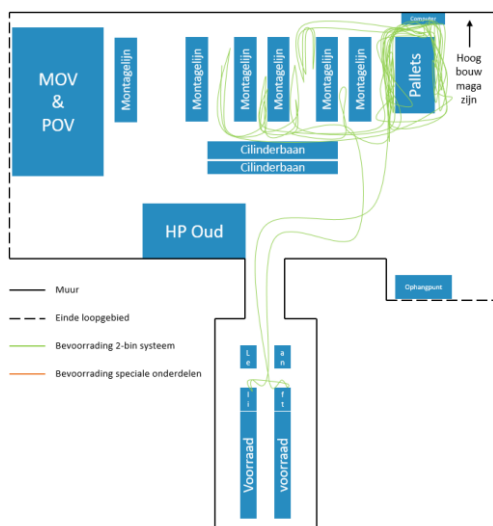
Om de verspillingen die optreden tijdens het voorraadbeheer van de montagelijnen goed in kaart te brengen, gaan we Lean technieken toepassen. We maken een spaghetti diagram en een time value map en analyseren deze. Daarnaast beschrijven we de problemen die zijn gevonden naar aanleiding van observaties en interviews.

4.1.1 Spaghettidiagram

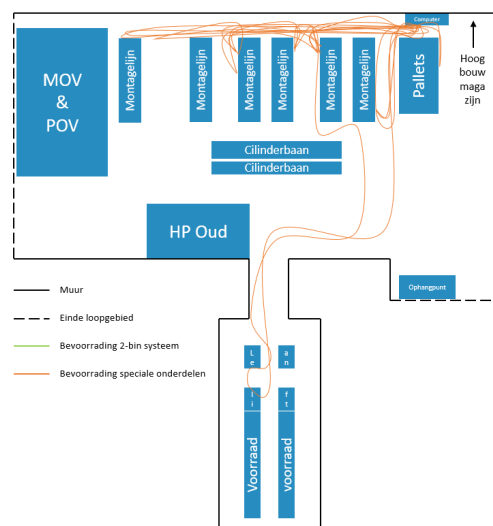
In paragraaf 3.2.3 is beschreven hoe een spaghetti diagram gemaakt kan worden. Deze tool wordt gebruikt om beweging in kaart te brengen. Om te kijken of er overmatige bewegingen plaatsvinden in het bevoorradingsproces van de montagelijnen is er een spaghetti diagram gemaakt van de route van de magazijnmedewerkers. Hiervoor hebben de magazijnmedewerkers met een camera op hun schouder rondgelopen tijdens hun werkzaamheden (zie afbeelding 19). Op basis van de beelden konden de bewegingen van de magazijnmedewerkers worden weergegeven in een spaghetti diagram. Hierbij hebben we ons alleen gericht op werkzaamheden die verband houden met bevoorrading van de montagelijnen. De verschillende processen zijn onderscheiden door het gebruik van verschillende kleuren. De groene lijn geeft de bevoorrading van het 2-bin systeem weer en oranje lijn geeft het verzamelen van speciale onderdelen en het inregelen hiervan weer. Deze zijn weergegeven in 2 verschillende spaghetti diagrammen om het overzicht te bewaren. Deze zijn tevens uitvergroot te vinden in bijlage C.



Afbeelding 19 - Magazijnmedewerker met GoPro op zijn schouder



Afbeelding 20 - Spaghettidiagramm bevoorrading 2-bin systeem



Afbeelding 21 - Spaghettidiagramm bevoorrading speciale onderdelen

Het spaghettidiagramm in afbeelding 20 geeft 1 uur van de bevoorrading van het 2-bin systeem weer. Er is in totaal 3 dagen onderzoek gedaan. Er zijn verschillende spaghettidiagrammen gemaakt en het spaghettidiagram in afbeelding 21 is een goede representatie van de werkelijkheid.

Het spaghettidiagramm in afbeelding 21 geeft de bevoorrading van 3 speciale onderdelen weer. Twee onderdelen lagen opgeslagen in het hoogbouwmagazijn en één onderdeel lag opgeslagen in het speciaal magazijn. Ook dit spaghettidiagram is een goede afspiegeling van de werkelijkheid.

In paragraaf 4.1.3 voeren we een analyse uit op de spaghettidiagrammen.

4.1.2 Time value map

Naast een spaghettidiagram is er ook een time value map gemaakt. Dit is gedaan aan de hand van observaties en de camerabeelden die gemaakt zijn met de GoPro. Tijdens de bevoorrading is er verschillende keren met de magazijnmedewerkers meegelopen en getimed hoe lang de handelingen duurden. Vervolgens is aan de hand van de camerabeelden bekeken of dit representatief is voor de werkelijkheid.

Voor er een time value map gemaakt kan worden, worden eerst alle stappen in de twee bevoorradingsprocessen beschreven. Per bevoorradingsproces zijn 2 verschillende tabellen gemaakt. Als de onderdelen zich in het hoogbouwmagazijn bevinden, doen zich namelijk een aantal extra processtappen voor, ten opzichte van wanneer het onderdeel zich in het speciaal magazijn, op de vloer of aan de Montagelijnen bevindt. De stappen van de processen zijn terug te vinden in tabel 2 tot en met 5. Bij elk van de werkzaamheden is genoteerd wat voor soort activiteit dit is. Hierin onderscheiden wij drie categorieën, zoals toegelicht in sectie 3.2.3:

- Waardetoevoegende activiteiten, in het groen weergegeven.
- Noodzakelijke activiteiten, in het oranje weergegeven.
- Niet-waardetoevoegende activiteiten, in het rood weergegeven.

4.1.2.1 Bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het hoogbouwmagazijn bevinden

Het gehele proces duurt in totaal gemiddeld 12 minuten en 15 seconden. In afbeelding 22 is te zien dat stap 4 erg lang duurt. Dit is wachten op de pallet. Echter moet hierbij een kanttekening geplaatst worden. In de tussentijd wordt vaak wel doorgewerkt door andere bakken bij te vullen. Toch moet er af en toe gecontroleerd worden of de pallet al aanwezig is. We kunnen stellen dat er ongeveer de helft van deze tijd nog effectief gewerkt kan worden. Als er een onderdeel met haast bijgevuld moet worden, is wachten op de pallet wel een probleem. Er ontstaat dan stilstand.

Nummer:	Stap:	Soort activiteit:
1	Verzamelt lege bakken	Noodzakelijk
2	Zoekt locatie van product in Isah (hoogbouwmagazijn)	Noodzakelijk
3	Bestelt pallet	Noodzakelijk
4	Wacht op de pallet	Niet-waardetoevoegend
5	Verzamelt onderdelen	Waardetoevoegend
6	Boekt onderdelen om in Isah	Noodzakelijk
7	Zet bakken in het schap	Waardetoevoegend

Tabel 2 - Stappen van de bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het hoogbouwmagazijn bevinden



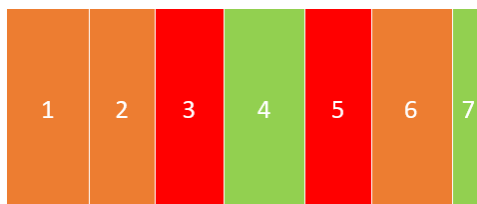
Afbeelding 22 - Time value map van de bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het hoogbouwmagazijn bevinden

4.1.2.2 bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het speciaal magazijn bevinden

Het gehele proces duurt in totaal gemiddeld 4 minuten en 50 seconden. In afbeelding 23 is weergegeven dat stap 3 van het proces, het verzamelen van de onderdelen, waardetoevoegend is. Echter moet ook hier een aantekening bij worden geplaatst. Dit duurt relatief lang, omdat er veel afstand afgelegd moet worden om bij het onderdeel te komen, aangezien dit in het speciaal magazijn ligt. Deze beweging is niet waardetoevoegend.

Nummer:	Stap:	Soort activiteit:
1	Verzamelt lege bakken	Noodzakelijk
2	Zoekt locatie van product in Isah (speciaal magazijn / op de vloer / aan de montagelijnen)	Noodzakelijk
3	Beweegt zich richting speciaal magazijn	Niet-waardetoevoegend
4	Verzamelt onderdelen	Waardetoevoegend
5	Beweegt zich terug naar de computer	Niet-waardetoevoegend
6	Boekt onderdelen om in Isah	Noodzakelijk
7	Zet bakken in het schap	Waardetoevoegend

Tabel 3 - Stappen van de bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het speciaal magazijn bevinden



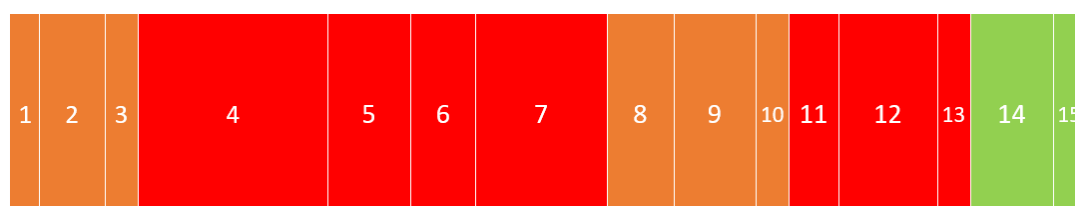
Afbeelding 23 - Time value map van de bevoorrading van het 2-bin systeem als de onderdelen zich in het speciaal magazijn bevinden

4.1.2.3 bevoorrading van speciale onderdelen als de onderdelen zich in het hoogbouwmagazijn bevinden

Het gehele proces duurt in totaal gemiddeld 11 minuten. In het proces dat in afbeelding 24 is weergegeven, duurt het wachten op een pallet minder lang dan tijdens de bevoorrading van het 2-bin systeem. Dit komt omdat er in de tussentijd andere stappen van het proces worden uitgevoerd.

Nummer	Stap	Soort activiteit:
1	Ontvangt en leest mail	Noodzakelijk
2	Zoekt locatie van product in Isah (hoogbouwmagazijn)	Noodzakelijk
3	Bestelt pallet	Noodzakelijk
4	Zoekt plek in het schap	Niet-waardetoevoegend
5	Zoekt lampje	Niet-waardetoevoegend
6	Boekt lampjes om naar nieuwe locatie	Niet-waardetoevoegend
7	Koppelt lampje aan het onderdeel	Niet-waardetoevoegend
8	Controleert of het juiste onderdeel aan het lampje gekoppeld is	Niet-waardetoevoegend
9	Boekt artikelen om	Noodzakelijk
10	Print stickers	Noodzakelijk
11	Hangt lampje op	Niet-waardetoevoegend
12	Zoekt bak	Niet-waardetoevoegend
13	Wacht op pallet	Niet-waardetoevoegend
14	Verzamelt onderdelen	Waardetoevoegend
15	Zet bak terug aan de montagelij	Waardetoevoegend

Tabel 4 - Stappen van het bevoorradingsproces van speciale onderdelen die zich in het hoogbouwmagazijn bevinden



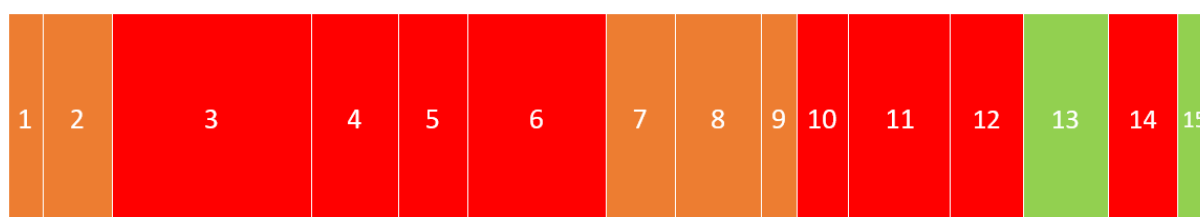
Afbeelding 24 - Time value map van de bevoorrading van speciale onderdelen die zich in het hoogbouwmagazijn bevinden

4.1.2.4 bevoorrading van speciale onderdelen als de onderdelen zich in het speciaal magazijn bevinden

Het gehele proces duurt in totaal gemiddeld 11 minuten en 30 seconden. Ook in afbeelding 25 is te zien dat het verzamelen van onderdelen lang duurt. Ook dit komt door het afleggen van veel afstand tot het speciaal magazijn.

Nummer	Stap	Soort activiteit:
1	Ontvangt en leest mail	Noodzakelijk
2	Zoekt locatie van product in Isah (speciaal magazijn/ op de vloer/aan de montagelijnen)	Noodzakelijk
3	Zoekt plek in het schap	Niet-waardetoevoegend
4	Zoekt lampje	Niet-waardetoevoegend
5	Boekt lampjes om naar nieuwe locatie	Niet-waardetoevoegend
6	Koppelt lampje aan het onderdeel	Niet-waardetoevoegend
7	Controleert of het juiste onderdeel aan het lampje gekoppeld is	Niet-waardetoevoegend
8	Boekt artikelen om	Noodzakelijk
9	Print stickers	Noodzakelijk
10	Hangt lampje op	Niet-waardetoevoegend
11	Zoekt bak	Niet-waardetoevoegend
12	Beweegt zich richting speciaal magazijn	Niet-waardetoevoegend
13	Verzamelt onderdelen	Waardetoevoegend
14	Beweegt zich terug naar de computer	Niet-waardetoevoegend
15	Zet bak terug aan de montagelijijn	Waardetoevoegend

Tabel 5 - Stappen van het bevoorradingsproces van speciale onderdelen die zich in het speciaal magazijn bevinden



Afbeelding 25 - Time value map van de bevoorrading van speciale onderdelen die zich in het speciaal magazijn bevinden

4.1.3 Analyse

Nu de spaghetti diagrammen en time value maps gemaakt zijn, kunnen we deze analyseren en op zoek gaan naar verspillingen die plaatsvinden tijdens de bevoorrading van de montagelijnen. We beschrijven de grootste problemen die wij uit deze analyses hebben geconcludeerd. Uit de figuren zijn de volgende verspillingen te verkrijgen.

Ten eerste valt op dat er erg veel afstand wordt afgelegd tijdens de bevoorrading van de montagelijnen. Er wordt vaak heen en weer gelopen naar de montagelijnen, om lege bakken te verzamelen en gevulde bakken terug te plaatsen. Daarnaast is in de spaghetti diagrammen is zien dat het speciaal magazijn erg ver weg is. Er moet veel afstand worden afgelegd om dit te bereiken. Dit kost uiteraard ook tijd. Per dag wordt er ongeveer 6 keer naar het speciaal magazijn gelopen. Dit kost per keer ongeveer 1,5 minuut.

Daarnaast valt het op dat het lang duurt om onderdelen uit het hoogbouwmagazijn te verzamelen. De AGV is op dit moment nog niet op de goede snelheid. Hij zou namelijk 40 pick-and-drops per uur moeten kunnen doen en nu doet hij er gemiddeld 3 per uur. Dit is te wijten aan opstart-problemen waarbij zich een grote aantal storingen voordoet.

De AGV levert pallets aan op vastgestelde plekken. Er zijn maar een beperkt aantal plekken waar de AGV pallets neer kan zetten. De meeste onderdelen worden niet in de goede hoeveelheden aangeleverd en moeten daarom bij het verzamelen van de onderdelen worden omgepakt. Aangezien er maar een aantal plekken zijn waar de AGV pallets kan plaatsen, moet de magazijnmedewerker de pallets eerst verplaatsten voor hij de onderdelen kan verzamelen. Anders zijn er niet genoeg plekken vrij waar de AGV nieuwe pallets kan plaatsten. Dit leidt tot veel beweging rond de pallets. Dit is ook terug te zien in het spaghetti diagram.

Uit observaties en uit het spaghetti diagram blijkt ook dat er veel beweging plaatsvindt om te controleren of de gitterboxen moeten worden bijgevuld. Er is geen signaal wanneer dit moet gebeuren, zoals bij het 2-bin systeem, dus loopt de magazijnmedewerker langs alle montagelijnen om dit te controleren. Daarnaast kan het ook voorkomen dat de magazijnmedewerker te druk is om alle gitterboxen te controleren of iets over het hoofd ziet, waardoor de onderdelen op zijn en de montage stil komt te liggen. Als hij langs de montagelijnen loopt, kan hij namelijk niet precies zien hoe goed de gitterboxen nog gevuld zijn. Om dit wel te zien, moet hij omlopen.

Ook bleek uit observaties en het spaghetti diagram dat tijdens de bevoorrading van de speciale onderdelen aan de montagelijnen veel beweging plaatsvindt voor relatief weinig onderdelen. Dit is ook terug te zien in de time value map. Activiteiten die lang duren en waar veel beweging in zit, zijn het zoeken van lampjes, het ophangen van lampjes, het zoeken van lege plekken in het schap en het zoeken van bakken. De laatste twee problemen komen deels doordat speciale onderdelen worden bijgevuld zonder dat dit nodig is. Er is namelijk niet te zien aan een bak of er 'normale' onderdelen in horen of speciale onderdelen. Hierdoor blijven plekken en bakken bezet. Daarnaast moeten de lampjes ook nog aan de lege plek gekoppeld worden en de onderdelen om worden geboekt naar de juiste locatie. Hierbij vindt geen beweging plaats, maar wel geldt dat dit geen waardetoevoegende of noodzakelijke activiteit is.

4.1.4 Overige problemen uit observaties en interviews

Naast het maken van spaghetti diagrammen en time value maps zijn er ook observaties en interviews gehouden. Gedurende een aantal werkdagen zijn de magazijnmedewerkers gevolgd om de werkzaamheden goed in kaart te brengen. Daarnaast zijn met de betrokken partijen gesprekken gevoerd over de huidige situatie en de problemen die zij hierin ondervinden. De betrokken partijen zijn hier het management, de magazijnmedewerkers, de magazijnmanager, de montagemanager en de montagemedewerkers.

Uit deze observaties en interviews zijn veel problemen naar voren gekomen, die ook al bij één van de andere methodes zijn gevonden. De problemen die nog niet eerder genoemd zijn, worden in deze paragraaf toegelicht.

In paragraaf 4.1.3 werd al genoemd dat speciale onderdelen soms onnodig worden bijgevoerd, doordat de magazijnmedewerkers niet kunnen zien dat het om een speciaal onderdeel gaat. Het gevolg hiervan is dat de schappen aan de montagelijnen vol raken met zinloze onderdelen en dat er tijd wordt besteed aan bevoorrading die niet nodig is. Ook komt het voor dat, bij drukte, magazijnmedewerkers extra bakken van onderdelen toevoegen. Deze bakken worden later niet uit de roulatie gehaald, waardoor ze bijgevoerd blijven worden en de voorraad groeit.

De inkoopafdeling van HP Valves hanteert een minimale voorraad. Bij de bepaling hiervan is meegenomen dat met de voorraad van dit onderdeel, 2 bakken aan de montagelijnen gevuld kunnen worden. Zodat het 2-bin systeem altijd goed kan lopen. Echter is hierbij geen rekening gehouden dat een onderdeel aan meerdere montagelijnen nodig kan zijn. Hierdoor kan het voorkomen dat er in het hoogbouwmagazijn niet genoeg voorraad is om een bak te vullen. Om de bak toch te kunnen vullen, moet een deel van de voorraad aan een andere montagelijns worden weggehaald. Dit resulteert in 2 half gevulde bakken en veel administratieve handelingen.

In beide bevoorradingprocessen zit een aantal stappen die we als administratie kunnen benoemen. Sommige van deze stappen zijn noodzakelijk, maar er vindt ook controle plaats. Zoals een controle of de goede onderdelen we aan de goede lampjes zijn gekoppeld in het systeem. Volgens de Lean principes zou alles 'First time right' moeten zijn en is controle overbodig. Daarnaast zou de administratie efficiënter kunnen door gebruik te maken van scanners. Hierdoor hoeft niet elke keer de productcode ingevoerd te worden en kunnen handelingen sneller achter elkaar worden uitgevoerd.

Als laatste werd door zowel het management als de magazijnmedewerkers nog een belangrijk punt aangedragen. De gehele bevoorrading is op dit moment niet goed georganiseerd. Tijdens de verhuizing zijn veel processen goed uitgedacht, maar zijn er ook onderdelen waar nog wat meer aandacht aan besteed mag worden. Zo is het aantal onderdelen dat in de bakken zit niet gebaseerd op berekeningen, maar wordt dit op gevoel gedaan. Hierdoor kan een overschot aan voorraad bestaan, maar het kan ook zo zijn dat er juist te weinig in de bakken ligt, waardoor er zo vaak bijgevoerd moet worden dat er stilstand ontstaat. Ook is er geen logische bepaling geweest welke onderdelen aan de montagelijnen liggen. Het kan nu voorkomen dat er onderdelen liggen die bijna nooit gebruikt worden en dat er onderdelen aan de montagelijns ontbreken die veel gebruikt worden en dus vaak moeten worden ingeregeld. Als laatste zijn ook de pallets in het hoogbouwmagazijn niet logisch opgebouwd. Onderdelen zijn willekeurig verdeeld over verschillende pallets. Zo liggen onderdelen die altijd samen gebruikt worden bijvoorbeeld niet bij elkaar. De voornaamste reden dat de bevoorrading na de verhuizing niet tot in de puntjes is uitgedacht, is omdat er is overgegaan op de productie van nieuwe soorten afsluiters, ook wel HP Heavy New genoemd. Er is hierdoor geen historische informatie waarop de indeling en inhoud gebaseerd kan worden.

4.2 Verspillingen

Zoals in paragraaf 3.1.4 besproken is, kent de Lean filosofie 8 verschillende verspillingen. Dit zijn: overproductie, wachten, beweging, transport, overbewerking, voorraad, defecten en talent. Na het analyseren van de huidige situatie kunnen wij vaststellen welke verspillingen het meeste voorkomen binnen HP Valves, tijdens de bevoorrading van de montagelijnen. Omdat dit onderzoek in een beperkte tijd moet worden uitgevoerd, focussen wij ons op de vier grootste verspillingen. Dit zijn:

- Voorraad: zoals eerder genoemd, bevindt zich binnen HP Valves voorraad op verschillende locaties. Tijdens dit onderzoek richten wij ons op de voorraad die zich bevindt aan de montagelijnen. De voorraad aan de montagelijnen is momenteel gebaseerd op hoeveel er maximaal in een bak past. Hierbij is niet gekeken naar de kosten van deze voorraad of naar de vraag naar de onderdelen. Sommige onderdelen liggen in grote hoeveelheden aan de montagelijnen, terwijl ze maar sporadisch gebruikt worden. Aangezien de inkoopafdeling dit als minimumvoorraad hanteert, vindt er dan veel verspilling plaats. Ook groeit de voorraad langzaam aan, doordat speciale onderdelen aangevuld blijven worden en er bij drukte extra bakken worden toegevoegd die hierna in het proces blijven circuleren.
- Overbewerking: niet alle onderdelen die nodig zijn voor de montage passen aan de montagelijnen. Hierdoor moeten onderdelen worden ingeregeld. Het inregelen vergt veel tijd en verschillende handelingen. Niet al deze handelingen zijn strikt noodzakelijk, zoals het zoeken naar lampjes en lege plekken. Hier zit dus verspilling.
- Wachten: dit gebeurt binnen het bevoorradingsproces van de montage bij HP Valves op twee manieren. Allereerst moet er gewacht worden op onderdelen, als deze zich in het hoogbouwmagazijn bevinden of als er niet genoeg voorraad aanwezig is binnen het bedrijf. Daarnaast moeten de monteurs wachten als er onderdelen van de stuklijsten niet aan de montagelijnen liggen. Hierdoor ontstaat stilstand in de montage.
- Beweging: tijdens het bevoorradingsproces van de montagelijnen vindt veel beweging plaats. Er wordt op een dag erg vaak heen en weer gelopen om lege bakken te verzamelen en volle bakken weer terug te zetten. Ook is de afstand naar het speciaalmagazijn groot en moet er veel afstand worden afgelegd om te controleren of de gitterboxen gevuld moeten worden. Daarnaast is er veel beweging rond de pallets, omdat de pallets snel verplaatst moeten worden voor de AGV.

4.3 Variabelen

Nu de verspillingen zijn vastgesteld, kunnen we variabelen kiezen waarmee we deze meetbaar kunnen maken. In deze paragraaf beschrijven we welke variabelen we hebben gekozen en waarom we deze hebben gekozen. Ook meten we de performance van de variabelen in de huidige situatie.

Na het implementeren van de oplossingen kan opnieuw gekeken worden hoe deze variabelen scoren. Aan de hand hiervan kunnen we vaststellen of de gevonden oplossingen ook daadwerkelijk een verbetering teweeg brengen.

De berekeningen staan verder toegelicht in bijlage E.

4.3.1 De waarde van de voorraad aan de montagelijnen

De eerste variabele is de waarde van de voorraad die zich aan de montagelijnen bevindt. We hebben voor deze variabele gekozen, omdat dit exact één van de verspillingen uit paragraaf 4.2 meetbaar maakt. Deze variabele meten we door na te gaan welke onderdelen er op dit moment aan de montagelijnen liggen, hoeveel onderdelen er op dit moment in een bak gedaan worden en hoeveel bakken van dit onderdeel er in omloop zijn.

De waarde van de voorraad aan de montagelijnen wordt berekend met de volgende formule:

$$\sum_{\substack{\text{Alle onderdelen} \\ \text{aan de montagelijnen}}} \text{kostprijs} * \text{aantal onderdelen per bak} * (\text{aantal aanwezige bakken} - 0,5)$$

Aangezien uit één van de bakken met voorraad gepakt wordt, nemen we aan dat deze bak gemiddeld gezien half vol is.

De huidige waarde van deze variabele meten wij door de waarde van de voorraad aan de montagelijnen van alle vier de montagelijnen bij elkaar op te tellen. We komen dan uit op XXX.

4.3.2 Percentage in te regelen onderdelen

De tweede variabele is het percentage onderdelen dat per half jaar moet worden ingeregeld. Het inregelen van onderdelen bevat veel handelingen die niet noodzakelijk zijn en hierbij ook nog eens tijdrovend. Met deze variabele kunnen we goed zichtbaar maken hoe vaak dit gebeurt en hoe de oplossingen effect hierop hebben.

Het aantal in te regelen onderdelen is te berekenen als percentage van het totaal aan onderdelen dat nodig is voor de montage. Per half jaar kan er worden gekeken welke onderdelen nodig zijn geweest en welke onderdelen er aan de montagelijnen gelegen hebben. Het meten van de variabele *percentage onderdelen dat moet worden ingeregeld*, doen we aan de hand van de volgende formule:

$$\frac{\text{Aantal onderdelen dat niet aan de baan ligt}}{\text{Totaal aantal onderdelen benodigd in montage}} \times 100\%$$

Tussen januari 2018 en juni 2018 zijn er in totaal 232.237 onderdelen gebruikt in de montage. Daarvan moeten 8.869 onderdelen worden ingeregeld. Dit betekent dat 3,8% van de onderdelen ingeregeld moest worden.

4.3.3 Stilstand in de montage

De derde variabele is de stilstand in de montage veroorzaakt door inefficiënte bevoorradings van de montagelijnen. Deze variabele geeft weer welk deel van de tijd de monteurs tijdens de montage op onderdelen moeten wachten.

Het meten van de variabele *stilstand van de montagelijnen* doen we aan de hand van de volgende formule:

$$\frac{\text{Stilstand van de montage}}{\text{Totale tijd waarin montage plaatsvindt}} \times 100\%$$

Deze formule is afgeleid uit de Overall Equipment Effectiveness formule uit de Total Productive Maintenance methodiek (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013). Deze berekent de productiviteit van machines en productielijnen. Hiervoor worden 3 factoren met elkaar vermenigvuldigd: de beschikbaarheid, performance en kwaliteit. Voor de berekening van de stilstand van de montagelijnen is gebruik gemaakt van de berekening van de beschikbaarheid. Die wordt berekend door de daadwerkelijke tijd waarin productie wordt gedraaid te delen door de geplande tijd waarin productie gedraaid moet worden. In dit geval willen we juist het tegenovergestelde weten, het deel waarin geen productie wordt gedraaid, terwijl dit wel gepland staat.

Dagelijks wordt door de montagemedewerkers van HP Valves een lijst bijgehouden met problemen die plaatsvinden tijdens de productie. Hierin wordt onder andere aangegeven op welke afdeling het zich afspeelt, wat voor type fout het is, wanneer dit gebeurt en hoelang er stilstand door ontstaat. Op deze lijst is ook te vinden hoe vaak en hoelang er stilstand van de montage voorkomt. Er zijn verschillende

typen fouten waarvan twee de verantwoordelijkheid van de magazijnmedewerkers zijn. Dit zijn het aanleveren van verkeerde onderdelen en het missen van onderdelen. Aangezien wij in dit onderzoek willen kijken naar de stilstand van de montage die ontstaat doordat de bevoorrading niet optimaal is, laten we de andere typen problemen buiten beschouwing. Van 26 maart 2018 tot en met 29 april 2018 (week 13 tot en met 17), is er 4,2% stilstand in de montage. Deze periode is representatief voor de huidige situatie.

4.3.4 De tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt

De laatste variabele is *de tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt*. We hebben gekozen voor deze variabele, omdat hier meerdere verspillingen in naar voren komen. Zowel wachten, beweging en overbewerking komen hierin voor. Als deze verspillingen uit de bevoorrading van de montagelijnen gehaald worden, zal dit terug te zien zijn in de tijd die aan de bevoorrading wordt besteed.

Op dit moment besteden 2 medewerkers van HP Valves hun gehele werktijd aan het bevoorraden van de montage. Dit gaat om zowel de montagelijnen als de andere werkzaamheden. Uit gesprekken met de magazijnmedewerkers hebben we de volgende informatie kunnen halen: één van de medewerkers is fulltime bezig met het bevoorraden van de montagelijnen. Hij houdt zich bezig met de bevoorrading van het 2-bin systeem. Aangezien dit onderzoek zich alleen op de 'normale' montagelijnen richt, willen we weten hoeveel tijd hieraan besteed wordt. Volgens de magazijnmedewerker is hij wekelijks 1 uur kwijt aan de HP light lijn en de bevoorrading van de MOV en de POV. Aangezien hij per week 38 uur werkt, is hij 37 uur bezig met de bevoorrading van het 2-bin systeem. De andere magazijnmedewerker houdt zich voornamelijk bezig met het verzamelen van huizen en bijbehorende onderdelen. Daarnaast ook nog 8 uur in de week met het verzamelen van speciale onderdelen en het inregelen hiervan aan de montagelijnen. In totaal wordt er dus 45 uur in de week besteed aan het voorraadbeheer van de montagelijnen.

4.4 Oorzaken van het kernprobleem

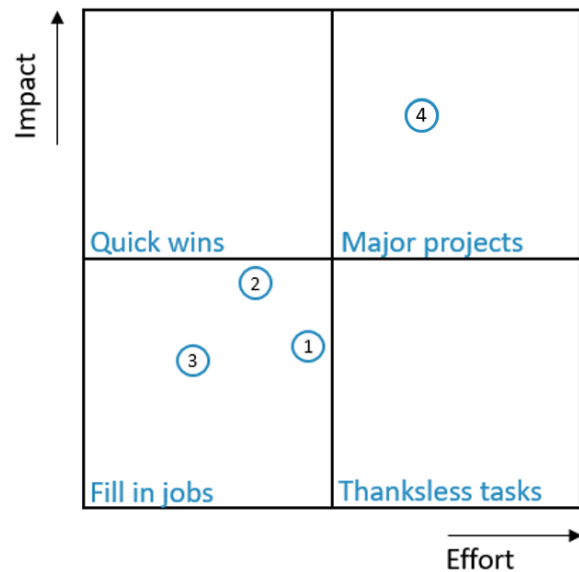
De problemen die genoemd zijn in dit hoofdstuk worden in deze paragraaf samengevat in een figuur (zie afbeelding 26). Hierin zijn de oorzaken van het kernprobleem weergegeven.

Naast de problemen die in het figuur zijn weergegeven, werden ook de afstand tot het speciaal magazijn en het slecht functioneren van de AGV genoemd als problemen. Echter kunnen wij deze problemen binnen het onderzoek niet oplossen en daarom laten wij deze buiten beschouwing in het figuur.



Afbeelding 26 – Oorzaken van het kernprobleem

De vier oorzaken voor de inefficiënte bevoorrading van de montagelijnen zijn weergegeven in een impact/effort matrix (afbeelding 27). De assen van deze matrix geven weer hoe veel inspanning er nodig is om dit probleem op te lossen en hoeveel invloed dit zal hebben op het kernprobleem. Voordat wij kiezen welke oorzaak wij gedurende dit onderzoek gaan aanpakken, hebben we samen met het management van HP Valves eerst gebrainstormd over mogelijk oplossingen. Op basis hiervan hebben wij een inschatting kunnen maken hoe de oplossingen scoren in de impact/effort matrix.



Afbeelding 27 - Impact/effort matrix

Hieruit komt dat oorzaken 1, 2 en 3 niet veel inspanning vereisen om opgelost te worden, maar dat deze oplossingen ook niet in grote mate bijdragen aan het oplossen van het kernprobleem. Het oplossen van oorzaak 4 kost meer moeite, maar heeft ook een grote bijdrage aan het oplossen van het kernprobleem. Daarom is in samenspraak met het management van HP Valves gekozen om tijdens dit onderzoek één probleem geheel uit te werken. Het gaat hierbij om de organisatie van de bevoorrading. Het oplossen van dit probleem zal niet alleen de meeste impact hebben, ook is het belangrijk om de gehele organisatie eerst goed op orde te hebben.

Voor de andere drie problemen wordt een kort plan geschreven hoe ook deze problemen zouden kunnen worden opgelost. Dit wordt gedaan, omdat er gedurende dit onderzoek veel kennis is opgedaan en er een duidelijk beeld is gekregen van de situatie. Ook is al nagedacht over mogelijk oplossingen. Het zou zonde zijn als deze kennis verloren gaat.

We kunnen het gekozen probleem als volgt definiëren:

De organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen bij HP Valves is onvoldoende uitgewerkt.

Dit probleem kunnen we uitsplitsen in de volgende oorzaken:

- Veel beweging om te controleren of de gitterboxen leeg zijn en tevens een groot risico op stilstand in de montage als dit niet opgemerkt wordt.
- Geen logische bepaling welke onderdelen aan de montagelijnen liggen en in welke hoeveelheden.
- Veel beweging tijdens de bevoorrading van het 2-bin systeem.
- De voorraad aan de montagelijnen blijft groeien doordat lege bakken gevuld worden, ongeacht te kijken naar de behoefte hiertoe.

4.5 Conclusie

In hoofdstuk 4 is het probleem verder onderzocht om antwoord te kunnen geven op de vraag: ‘*Welke verspillingen zien we terug binnen het bevoorradingsproces van de montageafdeling?*’. Dit is gedaan aan de hand van spaghettidiagrammen, time value maps, interviews en observaties.

Op basis van deze analyses hebben wij vier oorzaken van het kernprobleem gevonden, die gedurende dit onderzoek opgelost zouden kunnen worden. Dit zijn: het grote aantal beweging rond de pallets, de grote hoeveelheid tijd die het inregelen van speciale onderdelen kost, de lange duur van de administratie en het onvoldoende uitgedachte bevoorradingsproces.

Tijdens dit onderzoek kunnen we, omwille van de tijd, niet alle vier de oorzaken aanpakken. In overleg met het management van HP Valves is gekozen om ons tijdens dit onderzoek verder te richten op de organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen. Voor de andere problemen wordt een kort plan geschreven over hoe dit aangepakt zou kunnen worden, zodat er niet onnodig kennis verloren gaat.

Het probleem dat we gedurende dit onderzoek gaan behandelen, kunnen we als volgt definiëren:

De organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen bij HP Valves is onvoldoende uitgewerkt.

Door middel van 4 variabelen gaan we meten hoe goed de oplossingen die we gaan bedenken werken. Deze variabelen zijn:

- De waarde van de voorraad aan de montagelijnen, met een huidige waarde van XXX.
- Het percentage in te regelen onderdelen, met een huidige waarde van 3,8%.
- De stilstand in de montage, met een huidige waarde van 4,2%.
- De tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt, met een huidige waarde van 45 uur per week.

Nadat de oplossingen zijn uitgewerkt, kunnen we vaststellen hoeveel verbetering er plaatsvindt.

5. Oplossingen

In hoofdstuk 4 hebben we besloten dat we de organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen bij HP Valves aan gaan pakken. In dit hoofdstuk gaan we antwoorden geven op de vraag: ‘Hoe kunnen de problemen binnen HP Valves worden opgelost?’. Dit gaan we doen door te beschrijven hoe we de bevoorrading beter kunnen organiseren (5.1). Voor de andere oorzaken van het kernprobleem, die in hoofdstuk 4 zijn genoemd, beschrijven wij ook een plan, waarmee ze kunnen worden aangepakt (5.2).

5.1 Probleemaanpak

Zoals in hoofdstuk 4 is genoemd, is de bevoorrading van de montagelijnen onvoldoende uitgedacht. Om dit probleem op te lossen, hebben wij 4 oplossingen bedacht en uitgewerkt.

De oplossingen, die in deze paragraaf genoemd worden, zijn gekozen in samenspraak met het management van HP Valves. De keuze is op deze oplossingen gevallen, omdat ze de verspillingen, die zich momenteel voordoen bij de bevoorrading van de montagelijnen, in grote mate elimineren. Daarnaast sluiten de oplossingen aan bij de principes van Lean.

Eerder werd de organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen voornamelijk gedaan op basis van intuïtie. De oplossingen die wij in deze paragraaf gaan beschrijven, zijn gebaseerd op feiten, bestaande uit cijfers uit het recente verleden.

Naast de oplossingen die genoemd zijn in dit hoofdstuk, zijn er nog andere oplossingen overwogen. Deze staan genoemd in bijlage D. Hierbij staat ook de reden vermeld, waarom ze niet gekozen zijn. Het volledige implementatieplan voor de gekozen oplossingen, wordt beschreven in hoofdstuk 6.

In bijlage E staan aannames die gedaan zijn en betrekking hebben op de berekeningen uit deze paragraaf. Ook staan hier toelichtingen op de berekeningen.

5.1.1 Signaal voor gitterboxen

Zoals in paragraaf 4.1.3 is besproken, wordt er op dit moment geen signaal afgegeven als er een gitterbox leeg is. Hierdoor moet de magazijnmedewerker dit vaak controleren. Als hij dit te laat bemerkt, kan er stilstand ontstaan in de montage. Bij de andere onderdelen is er wel een signaal, namelijk door het 2-bin systeem. De lege bak is dan het signaal. Echter is bij de gitterboxen niet mogelijk om eenzelfde signaal te geven, omdat er maar één bak in de schappen staat, met hierin een voorbeeldonderdeel.

De gitterboxen bestaan op dit moment wel uit twee verdiepingen, maar het bijvullen van de onderste verdieping is lastig, omdat de magazijnmedewerkers hier alleen bij kunnen vanaf de kant van de montagelijnen. Als er ondertussen aan deze montagelijlijn gemonteerd wordt, is het niet mogelijk om de gitterboxen te vullen.

Een kanban-systeem voor de gitterboxen, zou als volgt kunnen worden uitgevoerd. Om te beginnen moet er een stelling komen waar één gitterbox op geplaatst kan worden. Onder de stelling moet ruimte zijn voor de andere gitterbox. De onderdelen worden, door de afdeling inkomende goederen, al in de gitterboxen gepakt. Hierbij moeten ze, op de bodem van de gitterboxen, een productkaart leggen. Dit is een geplastificeerd A4, met daarop een foto van het onderdeel en de bijbehorende code.

De monteurs pakken onderdelen uit de bovenste gitterbox. Als deze gitterbox leeg is, plaatst de monteur de productkaart in hetzelfde rek als waarin de lege bakken normaliter gelegd worden. De monteur kan dan onderdelen uit de onderste gitterbox pakken. De magazijnmedewerker ontvangt nu op dezelfde manier een signaal, dat dit onderdeel moet worden bijgevuld, als bij de andere onderdelen. Als hij dit signaal ontvangt, bestelt hij een nieuwe gitterbox uit het hoogbouwmagazijn. Als deze is

geleverd, verplaatst hij de onderste gitterbox naar het schap en plaatst de nieuwe gitterbox onder het schap. Dit doet hij met behulp van een stapelaar.

Het is moeilijk vast te stellen hoeveel effect deze oplossing zal hebben op de variabelen. Wel kunnen we vaststellen dat er minder beweging nodig is tijdens de bevoorrading van de gitterboxen, als er een 2-bin systeem is ingevoerd. De variabele *tijd die aan de bevoorrading van de montagelijnen wordt besteed*, zal hierdoor afnemen. Ook kunnen we concluderen dat de kans dat er stilstand in de montage ontstaat, door het ontbreken van benodigde onderdelen, afneemt. Dit zal een positief effect hebben op de variabele *stilstand in de montage*, deze zal dalen.

5.1.2 Logische schapindeling en bakinhoud

Een ideale situatie voor de bevoorrading van de montagelijnen, zou een goed lopend 2-bin systeem zijn, waarbij alle onderdelen aan de montagelijnen liggen. Helaas is dit niet mogelijk bij HP Valves, omdat er een grote variatie is aan onderdelen, die in de afsluiters gebruikt worden. Om de montage zo goed mogelijk te laten verlopen, worden speciale onderdelen ingeregeld. Zoals eerder besproken kost dit veel tijd. Daarom is het efficiënt om zo min mogelijk speciale onderdelen in te hoeven regelen.

Eén van de oplossingen die we gaan toepassen is daarom het aanpassen van de onderdelen die aan de montagelijnen liggen. Op dit moment is deze verdeling niet gebaseerd op analyses, maar op ervaring van de magazijnmedewerkers.

Voor alle montagelijnen geldt, dat er in totaal 127 bakken in de schappen passen. In de eerste sectie 31 en in de andere drie secties 32 onderdelen. In de eerste sectie past een bak minder, omdat hier een grote module zit die het pick-to-light systeem regelt. Hierdoor is er geen ruimte voor een lampje en kan er dus geen onderdeel geplaatst worden. In overleg met de magazijnmedewerkers is bepaald, dat er per sectie 6 plekken leeg moeten blijven, om speciale onderdelen in te regelen. De kans dat er meer dan 6 onderdelen tegelijk moeten worden ingeregeld, in één sectie van een montagelij, is namelijk heel erg klein. Door 6 plekken per sectie leeg te houden, zou er tijdens het inregelen van speciale onderdelen, niet meer naar lege plekken gezocht hoeven te worden. Er zijn in totaal 103 plekken over, waar bakken geplaatst kunnen worden. In de eerste sectie zijn dit er 25 en in de andere drie secties zijn dit er 26.

Om te bepalen welke onderdelen standaard aan de montagelij moeten liggen, moet eerst gekeken worden welke types afsluiters over de montagelij geproduceerd kunnen worden. Deze analyse is gemaakt over de afgelopen 6 maanden. In dit geval komt dat neer op een analyse van 1 januari 2018 tot en met 30 juni 2018.

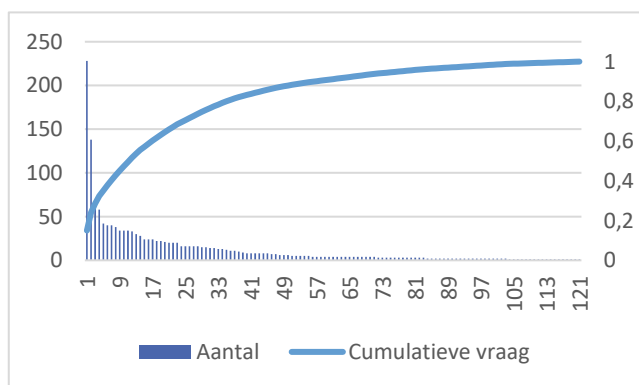
In tabel 6 is weergegeven hoeveel types afsluiters er over de montagelijnen geproduceerd kunnen worden. Echter betekent dit niet dat er ook net zoveel verschillende stuklijsten zijn. Veel klanten hebben specifieke eisen over bepaalde onderdelen. Hierdoor wordt de stuklijst voor alle orders apart samengesteld. Niet alle types afsluiters die geproduceerd kunnen worden op een montagelij, zijn de afgelopen 6 maanden ook geproduceerd. In tabel 6 is ook te vinden hoeveel verschillende types afsluiters het afgelopen halfjaar geproduceerd zijn en hoeveel verschillende onderdelen hiervoor gebruikt zijn.

Montagelijijn	Aantal types afsluiters die over de montagelijijn gemonteerd kunnen worden	Aantal types afsluiters die het afgelopen halfjaar geproduceerd zijn	Aantal verschillende onderdelen die afgelopen halfjaar gebruikt zijn
B	240	94	95
C	205	50	108
D	297	131	141
E	284	121	132

Tabel 6 - Geproduceerde afsluiters en bijbehorende onderdelen

Voor montagelijijn B is het mogelijk om alle onderdelen aan de montagelijijnen te leggen. Er zijn dan nog genoeg plekken over om onderdelen in te regelen. Voor de andere drie montagelijijnen is dit niet het geval. We moeten daarom een selectie gaan maken, welke onderdelen aan de montagelijijnen moeten komen te liggen.

We willen ernaar streven dat er zoveel mogelijk types afsluiters over de baan gemonteerd kunnen worden, zonder dat er onderdelen ingeregeld moeten worden. We hebben daarom gekeken welke onderdelen voorkomen in de 80% meest geproduceerde types afsluiters. Dit komt overeen met het principe van Pareto. Hij stelt dat 80% van de uitkomsten, wordt veroorzaakt door 20% van de oorzaken. Door ons te richten op de onderdelen uit de 20% types afsluiters, die samen 80% van de productie vormen, kunnen



Afbeelding 28 – Pareto-diagram van de E-baan

we zo efficiënt mogelijk de baan inrichten. Zoals in tabel 7 is te zien, geldt dat bij ons, minder dan 20% van de productie leidt tot 80% van de vraag. In afbeelding 28 is dit principe weergegeven in een grafiek. Deze grafiek geeft het aantal geproduceerde typen afsluiters en de cumulatieve vraag weer.

Montagelijijn	Aantal afsluiters die over de montagelijijn gemonteerd kunnen worden	Aantal afsluiters die samen 80% van de productie vertegenwoordigen	Procentuele vertegenwoordiging
B	240	22	9,2%
C	205	20	9,8%
D	297	32	10,8%
E	284	35	12,3%

Tabel 7 - 80% van de productie

In tabel 8 is weergegeven hoeveel onderdelen er nodig zijn om deze 80% afsluiters te produceren. In alle gevallen is dit minder dan de 103 onderdelen, waar plek voor is aan de montagelijijnen. Daarom verhogen wij het percentage afsluiters, waarvan we de onderdelen selecteren om aan de montagelijijnen te liggen. Hierdoor kan een nog groter deel, van het types afsluiters over de montagelijijnen, worden geproduceerd, zonder onderdelen in te regelen.

Montagelijijn	Aantal verschillende onderdelen nodig om 80% van de afsluiters te produceren
C	80
D	98
E	96

Tabel 8 - Onderdelen in 80% van de geproduceerde afsluiters

Hierbij moet uiteraard wel rekening gehouden worden met de secties waar de onderdelen moeten liggen. Hierdoor kunnen we niet aan elke Montagelijijn 103 onderdelen leggen. In tabel 9 is weergegeven, hoeveel onderdelen er aan de Montagelijijnen komen te liggen en tevens hoeveel procent van de afsluiters hiermee kan worden geproduceerd, zonder onderdelen te hoeven inregelen.

Montagelijijn	Aantal onderdelen dat aan de Montagelijijnen komt te liggen	Percentage van de afsluiters dat met deze onderdelen kan worden gemonteerd
B	95	100%
C	102	98%
D	98	80%
E	99	88%

Tabel 9 - Aantal onderdelen aan de Montagelijijnen

Het selecteren van de onderdelen die aan de Montagelijijnen moeten liggen, heeft direct effect op de variabele *het percentage in te regelen artikelen*. Waar in de huidige situatie nog 3,8% van de onderdelen moet worden ingeregeld, is dit na het toevoegen van de geselecteerde onderdelen, nog maar 0,5%. Dit is een daling van 87%. Daarnaast zal de het inregelen van speciale onderdelen sneller kunnen verlopen, doordat er genoeg lege plekken zijn, waar al een lampje aan gekoppeld zit.

Dit zal direct effect hebben op de variabele *tijd die de bevoorrading van de Montagelijijnen inneemt*. In de huidige situatie wordt er 8 uur per week gewerkt aan het inregelen van onderdelen. Ook dit zal met 87% afnemen. Er zal dan nog maar 1 uur per week besteed hoeven worden aan het inregelen van onderdelen. Dit leidt tot een jaarlijkse besparing van XXX aan arbeidskosten.

Een toelichting op deze berekeningen is weergegeven in bijlage E.

Naast bepalen, welke onderdelen er aan de Montagelijijnen komen te liggen, is ook van belang in welke hoeveelheden dit gebeurt. De inhoud van de bakken heeft effect op twee dingen: het aantal keren dat de bakken moeten worden bijgevuld en de waarde van de voorraad aan de Montagelijijnen. Op dit moment is de bakinhoud voornamelijk bepaald door wat er in een bak past of gebaseerd op de ideeën van de magazijnmedewerkers. Het aantal bakken dat aan de Montagelijijnen ligt, is gebaseerd op de ervaring van de magazijnmedewerker. Als hij merkt dat een bepaald onderdeel vaak moet worden bijgevuld, dan voegt hij nog wel eens een extra bak toe. Dit heeft als effect dat de bakken in omloop blijven, ook al worden deze onderdelen op een later moment niet meer zo vaak gebruikt. Het aantal bakken groeit dus langzaam. Dit geldt ook voor de speciale onderdelen, ook deze bakken blijven in omloop, nadat ze zijn ingeregeld.

Om controle over de waarde van de voorraad aan de Montagelijijnen en het aantal keren dat de bakken moeten worden bijgevuld te krijgen, gaan we bepalen in welke hoeveelheden de onderdelen aan de Montagelijijnen moeten liggen.

Om te beginnen bepalen we de capaciteit van de magazijnmedewerkers. HP Valves heeft duidelijk aangegeven dat de oplossingen, die in dit onderzoek besproken worden, niet tot gevolg mogen hebben dat het aantal uren, dat aan de bevoorrading van de Montagelijijnen besteed wordt, toeneemt. We mogen dus niet over de capaciteit van de magazijnmedewerkers heen gaan.

Uit gesprekken met de magazijnmedewerkers blijkt dat, in de tijd die ze momenteel aan de bevoorrading van het 2-bin systeem besteden, ze maximaal 60 bakken per dag kunnen vullen. Dit betekent dat de magazijnmedewerkers maximaal 1.260 bakken per maand kunnen vullen. Tijdens het bepalen van de bakinhoud en het aantal bakken aan de Montagelijijnen, zullen wij steeds controleren dat wij onder deze grens blijven.

Om te bepalen in welke hoeveelheden de onderdelen aan de montagelijnen moeten liggen, nemen we als uitgangspunt het 2-bin systeem. Alle onderdelen moeten minstens in 2 bakken aan de montagelijnen liggen. In ons uitgangspunt vullen we deze twee bakken per onderdeel, met de maximale bakinhoud. Deze maximale bakinhoud is gebaseerd op het aantal onderdelen dat in een bak past. Daarnaast mag het gewicht van een bak niet hoger zijn dan 25 kg. Als dit wel het geval is, wordt het aantal onderdelen in de bak hierop aangepast.

We gaan het aantal bakken en de inhoud van de bakken nu aanpassen aan een aantal restricties. Het doel hiervan is om te voorkomen dat er stilstand ontstaat in de montage en tevens het tegengaan van stilstaande voorraad. In tabel 10 is de waarde van de voorraad en het aantal keren bijvullen per maand berekend voor de huidige situatie, ons uitgangspunt: 2 bakken die maximaal gevuld zijn, na het toevoegen van restrictie 1 en na het toevoegen van restrictie 2.

We berekenen eerst voor alle onderdelen de gemiddelde vraag per maand. Dit doen we weer op basis van de gegevens van het afgelopen half jaar.

De eerste restrictie die we gaan toepassen, richt zich op het verkleinen van het risico dat de bakken leeg zijn en niet snel genoeg worden bijgevuld, waardoor stilstand aan de montage ontstaat. Als de vraag naar een onderdeel groot is, is de kans dat een bak leeg raakt en niet op tijd gevuld is, ook groter. Onderdelen waarvan de bakken meer dan 1 keer per week gevuld moeten worden, worden in de schappen voorzien van een extra bak. De 'reserve voorraad' zoals een 2-bin systeem dat kent, wordt hierdoor verdubbeld. Dit heeft tot gevolg dat de waarde van de voorraad aan de montagelijnen met 1,6% toeneemt. De kans dat deze voorraad niet gebruikt gaat worden is erg klein, omdat het om onderdelen gaat die veel gebruikt worden en dus een hoge omloopsnelheid hebben. Wij wegen daarom, het hebben van meer bakken bij snellopers op, tegen het toenemen van de waarde van de voorraad.

Ten tweede willen we de hoeveelheid stilstaande voorraad verlagen. Stilstaande voorraad loopt namelijk de kans om overbodig te worden en dit kost geld. Als onderdelen minder dan 1 keer in de vier maanden bijgevuld moeten worden, halveren we de inhoud van de bak. Hierbij moet worden opgelet, dat de capaciteit van de magazijnmedewerkers niet wordt overstreden. Deze aanpassing heeft tot gevolg dat het aantal keren, dat de bakken gevuld moeten worden, toeneemt. Daarnaast neemt de waarde van de voorraad en het risico dat de voorraad overbodig wordt, aanzienlijk af. Aangezien wij nog ruim binnen de capaciteit van de magazijnmedewerkers zitten, is het geen probleem dat het aantal keren bijvullen iets toeneemt, en kiezen wij ervoor deze aanpassing door te voeren.

In tabel 11 is de waarde de voorraad en het aantal keren bijvullen te zien van de huidige situatie tot en met het toevoegen van de restricties. De berekeningen staat toegelicht in bijlage E.

	Waarde van de voorraad	Aantal keer bijvullen per maand
Huidige situatie	XXX	518
2 bakken, maximaal gevuld	XXX	305
Restrictie 1 toegevoegd	XXX	305
Restrictie 2 toegevoegd	XXX	323

Tabel 10 - Waarde van de voorraad en aantal keer bijvullen

De capaciteit van de magazijnmedewerkers is het vullen van 1.260 bakken. Op dit moment worden er maar 518 bakken gevuld. Na het invoeren van deze oplossing hoeven er nog maar 323 bakken per maand gevuld te worden. De capaciteit wordt in de huidige situatie maar voor 41% benut. Na het implementeren van deze oplossing, zal dit nog maar 26% zijn. Wij zijn van mening dat dit zonde is. De variabele *tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt*, bestaat op dit moment voor 37 van de 45 uur uit de bevoorrading van deze onderdelen. Echter blijkt uit deze analyse dat deze 37 uur niet

efficiënt wordt gebruikt. Er wordt veel meer tijd besteed aan de bevoorrading dan hier werkelijk voor nodig is. In de praktijk blijkt, dat als het rustig is in de montage, de magazijnmedewerkers op sommige momenten niks te doen hebben. Ze staan dan te wachten tot er zich een nieuwe lege bak aandient. Op basis van de analyse van het afgelopen half jaar, zou de bevoorrading van het 2-bin systeem, na implementatie van deze oplossing, in 9½ uur kunnen worden uitgevoerd. Binnen HP Valves zou de magazijnmedewerker andere taken kunnen uitvoeren in de overige tijd.

Naast de tijd die de bevoorrading inneemt, zal ook de variabele *waarde van de voorraad aan de montagelijnen* aanzienlijk afnemen. De huidige waarde is XXX en zal afnemen tot XXX. Dit is een daling van 35%. Daarnaast is de kans dat de voorraad overbodig wordt ook afgenomen.

Als laatste is de kans op stilstand aan de montagelijnen, veroorzaakt door inefficiënte bevoorrading, ook afgenomen. De onderdelen, waarbij de kans groot is dat er zich een tekort voordoet, zijn voorzien van een extra reservebak.

Deze oplossing is in bijlage F nog eens stap-voor-stap beschreven voor één van de montagelijnen.

Om de geselecteerde onderdelen ook daadwerkelijk in de gekozen hoeveelheden aan de montagelijnen te kunnen leggen, moet er genoeg voorraad zijn in het hoogbouwmagazijn. Wij raden de inkoopafdeling van HP Valves daarom aan om rekening te houden met de inhoud van de bakken en het aantal bakken dat binnen HP Valves van dit onderdeel voorkomt. De minimale voorraad van de onderdelen, binnen HP Valves, mag niet minder zijn dan de voorraad die nodig is voor het 2-bin systeem. Als dit wel het geval is, is het niet mogelijk om het 2-bin systeem uit te voeren en zal dit een negatief effect hebben op de efficiency van de bevoorrading van de montagelijnen.

Aangezien de vraag naar onderdelen steeds verandert, doordat er nieuwe afsluiters worden ontwikkeld, raden wij aan om deze selectie elk half jaar uit te voeren. Op deze manier zijn de onderdelen, en de hoeveelheden waarin ze aangeboden worden, goed afgestemd op de huidige situatie.

5.1.3 Milkrun

Naast selecteren welke onderdelen er aan de montagelijnen moeten liggen en in welke hoeveelheden, zouden wij graag nog meer structuur aanbrengen in de bevoorrading van de montagelijnen. Wij kunnen dit doen door milkruns in te voeren. Een milkrun is een methode waarbij een vooraf vastgestelde route wordt afgelegd. Gedurende het afleggen van deze route, worden alle lege bakken verzameld en gevulde bakken teruggezet in de schappen. Zolang er geen lege bakken zijn die opgehaald moeten worden of volle bakken teruggezet moeten worden, wordt er niet van de vastgestelde route afgeweken (Domingo, Alvarez, Penã, & Calvo, 2017). Er wordt dan alleen, via de standaard route, gekeken of er lege bakken zijn.

Een milkrun heeft als voordeel dat het aantal bewegingen dat voor een handeling gemaakt moet worden sterk afneemt. In onze situatie hoeft er niet meer voor elke bak gelopen te worden, maar worden de bakken in één keer opgehaald. Ook het terugzetten van de bakken kan in deze zelfde route plaatsvinden. Zoals in hoofdstuk 4 genoemd, wordt een deel van tijd die besteed wordt aan de bevoorrading van het 2-bin systeem, besteedt aan beweging van en naar de montagelijnen. Door deze beweging grotendeels uit de werkzaamheden te verwijderen, kan de bevoorrading efficiënter worden uitgevoerd. Het doel is dan ook om per dag één milkrun uit te voeren. Hierbij wordt een vaste route bepaald, om de beweging te minimaliseren.

Echter moet de voorraad in de bakken wel voldoende zijn, om maar één keer op een dag lege bakken te verzamelen en bij te vullen. Om te controleren of dit het geval is, gaan we twee waardes vergelijken.

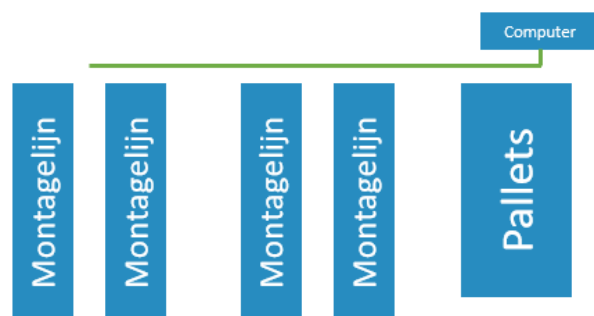
Ten eerste, de gemiddelde vraag per onderdeel per dag. Ten tweede, de voorraad die zich aan de montagelijnen bevindt, als één van de bakken van dit onderdeel leeg is en gevuld moet worden. Dit wordt berekend door het berekende aantal bakken – 1, te vermenigvuldigen met de berekende inhoud van de bakken.

In het meest onvoordelige geval is een bak leeg, net nadat de lege bakken opgehaald zijn. Gedurende die hele dag, dag 1, moet er dan gemonteerd worden met onderdelen uit de overige bak(ken). De volgende dag, dag 2, wordt de lege bak opgehaald en gevuld. Op dag 3 wordt de gevulde bak weer teruggezet. De voorraad die in de overige bak(ken) zit, moet dan dus voldoende zijn voor 2 dagen.

Het volgende moet gelden: de voorraad in een bak moet minstens twee keer de gemiddelde vraag zijn. Op basis van de analyse die gemaakt is in paragraaf 5.1.3, kunnen we stellen dat dit bij alle onderdelen ruim het geval is.

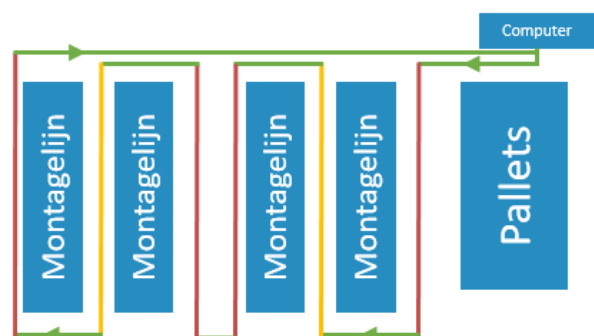
Het is dus mogelijk om één keer per dag een milkrun uit te voeren. Echter willen wij nog wel een kanttekening hierbij plaatsen. Binnen HP Valves kan het voorkomen dat er een grote order geplaatst wordt, van allemaal dezelfde afsluiters, met dezelfde stuklijsten. In dit geval kan het zijn dat de inhoud van de bakken niet voldoende is om door te monteren, als er maar één keer per dag een milkrun uitgevoerd wordt. Om te voorkomen dat er stilstand in de montage ontstaat, moet er bij een order van veel dezelfde afsluiters, een signaal gaan naar de magazijnmedewerkers. Zij kunnen dan voor de onderdelen die in deze afsluiters zitten, extra bakken toevoegen in de montagelijnen. Het aantal extra bakken hangt af van de grootte van de order. De kans dat er stilstand ontstaat aan de montagelijnen, doordat er niet genoeg onderdelen liggen, is hierdoor niet aanwezig.

Zoals aan het begin van deze paragraaf genoemd, moet er een standaardroute bepaald worden. Van deze route wordt alleen afgeweken als er bakken moeten worden opgehaald of teruggezet. Zolang er geen bakken worden teruggezet, is de route alleen gebaseerd op het controleren of er lege bakken zijn. Deze route is in het groen weergegeven in afbeelding 29. Vanaf de computer wordt de groene lijn gevolgd richting het einde, als er geen lege bakken zijn, zal de magazijnmedewerker dezelfde route terug nemen.



Afbeelding 29 - Standaard route

Als er wel lege bakken zijn, of als er volle bakken terug gezet moeten worden, dan zal de route er anders uitzien. In afbeelding 30 is weergegeven hoe de route eruit ziet als er aan elke montagelijijn bakken moeten worden teruggezet en opgehaald. De rode stukken in de route zijn de plekken waar gevulde bakken moeten worden teruggezet en de gele stukken in de route zijn plekken waar lege bakken kunnen worden verzameld.



Afbeelding 30 - Uitgebreide route

Deze route kan eenvoudig worden aangepast op basis van de plekken die bezocht moeten worden tijdens de milkrun. Als er aan bepaalde montagelijnen geen bakken opgehaald en/of teruggezet hoeven te worden, kan dit overgeslagen worden en zal de route korter worden. Om de lege en gevulde bakken te vervoeren wordt gebruik gemaakt van een kar. Op deze kar kunnen lege bakken op het onderste

schap worden geladen en gevulde bakken op het bovenste schap. De kar is robuust genoeg om het gewicht van de onderdelen aan te kunnen.

De oplossing beperkt de beweging van de magazijnmedewerkers tot een minimum. Dit heeft effect op de variabele *tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt*. In plaats van voor elke bak of voor enkele bakken samen te lopen, wordt er nog maar één keer op een dag gelopen. De overige tijd die aan beweging besteed wordt, zal hierdoor komen te vervallen. Hoe groot dit effect zal zijn is momenteel niet te zeggen. Dit zal in de praktijk duidelijk worden.

Deze milkrun geldt alleen voor de bakken die aan de montagelijnen liggen. Het vervangen van een lege gitterbox door een nieuwe, volle gitterbox, is hierin niet meegenomen. Aangezien de gitterboxen met een stapelaar worden verplaatst, kan dit niet in de beweging van de milkrun meegenomen worden. Wel behoort het ontvangen van het signaal, dat de gitterbox leeg is, tot de beschreven route.

5.1.4 Speciale bakken

In paragraaf 5.1.2 is beschreven dat onderdelen die niet aan de montagelijnen liggen, moeten worden ingeregeld. Daarnaast wordt in paragraaf 5.1.4 genoemd, dat er extra bakken van een onderdeel aan de montagelijnen kunnen worden toegevoegd bij grote orders. In beide gevallen worden er extra bakken aan de montagelijnen toegevoegd. Deze bakken worden in de huidige situatie weer bijgevuld als ze leeg zijn. Hierdoor blijven er grote hoeveelheden onderdelen aan de montagelijnen liggen, die op dat moment daar niet nodig zijn.

Het is niet altijd nodig om de bakken van speciale onderdelen en de extra bakken weer bij te vullen en terug te zetten in het schap. Echter kunnen de magazijnmedewerkers op dit moment niet zien, welke bakken voor speciale onderdelen zijn, of welke zijn ingezet als extra bak. Hierdoor groeit langzaam de voorraad en worden de lege plekken, door speciale onderdelen, steeds verder opgevuld.

Door de bakken een specifiek uiterlijk te geven, kunnen de bakken met speciale onderdelen en de extra bakken worden herkend en uit de roulatie worden gehaald. Ze worden dan niet meer onnodig gevuld. Dit voorkomt dat de waarde van de voorraad aan de montagelijnen onnodig toeneemt. Daarnaast zorgt het doorvoeren van deze oplossing, voor ruimte in het schap. Deze plekken kunnen dan gebruikt worden voor het inregelen van speciale onderdelen.

Als deze bak, met specifiek uiterlijk, bij de magazijnmedewerkers terecht komt, kan hij opzoeken of deze bak opnieuw gevuld moet worden. In Isah is een functie ingebouwd, waarbij je voor één artikel op kan zoeken, wat de vraag in de toekomst is. Als er geen vraag meer is naar dit onderdeel, kan de bak uit de roulatie gehaald worden.

Deze oplossing heeft effect op de variabele *waarde van de voorraad aan de montagelijnen*. Deze zal niet meer doelloos oplopen. Daarnaast vervallen er stappen tijdens het inregelen van speciale onderdelen, doordat er meer plek, lampjes en bakken zijn. Dit heeft als effect een daling in de variabele *tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt*.

5.2 Overige aanbevelingen

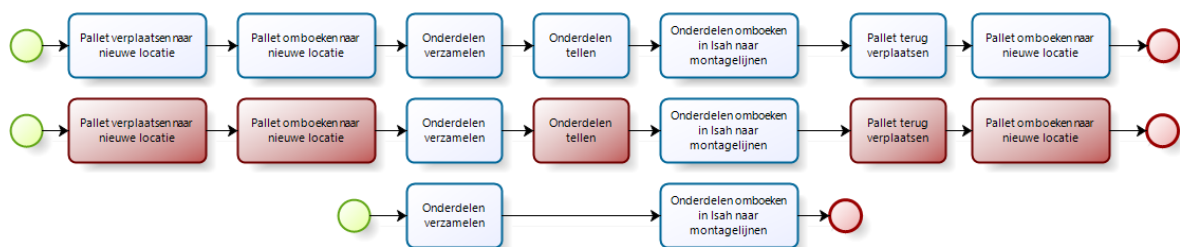
Naast het oplossen van het gekozen probleem kan de efficiëntie van de bevoorrading van de montage bij HP Valves nog verder worden verbeterd door ook de andere oorzaken van het kernprobleem aan te pakken, die zijn weergegeven in afbeelding 27. Omdat ook deze problemen uitgebreid geanalyseerd zijn en hierover kennis is opgedaan, noemen wij ook de mogelijke oplossingen voor deze problemen. Omwille van de tijd waarin dit onderzoek moet worden uitgevoerd, kunnen wij deze helaas niet uitvoeren, maar door de oplossingen te noemen, zal er geen kennis verloren gaan.

5.2.1 Veel beweging rond de pallets

Op dit moment vindt er veel beweging plaats rond de pallets. Dit komt omdat de pallets snel weg moeten van de plekken waar de AGV ze neerzet, zodat hier nieuwe geplaatst kunnen worden. Het vullen van de bakken duurt te lang om de pallets te laten staan. Echter is dit makkelijk op te lossen. In afbeelding 32 is te zien uit welke handelingen het proces van het vullen van de bakken bestaat.

Handeling 1, 2, 4, 6 en 7 voegen geen waarde toe voor de klant. Tevens brengen deze stappen veel beweging met zich mee, wat ook weer tijd kost. Deze stappen zouden daarom uit het proces gehaald moeten worden. Door ervoor te zorgen dat de onderdelen in de goede hoeveelheden en in de goede bak op de pallets staan, hoeven de pallets niet verplaatst te worden. De onderdelen kunnen snel van de pallet verwijderd worden en de pallet kan direct teruggestuurd worden. Ook hoeven de onderdelen niet geteld te worden, omdat ze in een aangegeven hoeveelheid in de bak liggen.

De onderdelen moeten nu alsnog wel in de goede hoeveelheden worden ingepakt, maar het is handiger dat dit eerder in het proces gebeurt. De bevoorrading van de montagelijnen kan hierdoor efficiënter plaatsvinden. Voor onderdelen die intern geproduceerd worden, hoeft alleen aangegeven te worden in welke hoeveelheden en bakken deze aangeleverd moeten worden. Dit omvat geen extra handelingen. Onderdelen die vanuit externe partijen, bij binnenkomende goederen, binnenkomen, worden nu vaak al overgepakt in andere hoeveelheden. Ook hier hoeven alleen de hoeveelheden aangepast te worden.



Afbeelding 31 – Schematische weergave van de processtappen met betrekking tot beweging rond de pallets

Deze oplossing heeft effect op zowel de tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt als stilstand in de montage. Er vindt minder beweging plaats en daarnaast is ook de processtap “onderdelen verzamelen” eenvoudiger geworden. Daarnaast kan er sneller op acute vraag gereageerd worden, waardoor de duur van de stilstand afneemt.

5.2.2 Het inregelen van speciale onderdelen duurt lang

In het bevoorradingproces van speciale onderdelen komen momenteel een aantal stappen voor die niet-waarde toevoegend zijn. Dit is eenvoudig op te lossen, door ervoor te zorgen dat er altijd genoeg lampjes en bakken zijn. Daarnaast moet er ook genoeg ruimte worden gecreëerd in de schappen en de lampjes moeten al aan deze plekken gekoppeld zijn.

Om deze oplossing goed te kunnen implementeren moet er bepaald worden hoeveel bakken, hoeveel lampjes en hoeveel plekken in de schappen er nodig zijn. De lampjes en bakken kunnen eenvoudig besteld worden. Dit is een eenmalige investering, maar deze zal hoogstwaarschijnlijk terugverdiend

worden door minder stilstand in de montage en doordat de bevoorrading van de montagelijnen minder tijd zal gaan kosten.

De plekken in de schappen die nodig zijn, kunnen vrijgelaten worden bij de selectie van de onderdelen aan de montagelijnen. De analyse uit paragraaf 5.1.2 resulteert in genoeg lege plekken om onderdelen in te regelen.

Door deze 3 oplossingen door te voeren vervallen er vijf stappen uit het bevoorradingsproces van speciale onderdelen. Dit zijn: een plek in het schap zoeken, een lampje zoeken, het lampje omboeken naar de nieuwe locatie, lampje ophangen en het verzamelen van bakken. Samen kost dit 4 minuten en 55 seconden. Dit is 43% tot 45% van de tijd die de bevoorrading van speciale onderdelen kost. Als deze oplossing wordt doorgevoerd zou het proces dus bijna in de helft van de tijd verlopen. De variabele *tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt* zal hierdoor dalen. Op dit moment wordt er 8 uur per week aan de bevoorrading van speciale onderdelen naar de montagelijnen, besteed. Na het invoeren van deze oplossing zal dit nog maar 4,5 uur zijn.

5.2.3 De administratie tijdens de bevoorrading duurt lang

Momenteel gaat er veel tijd verloren aan administratieve werkzaamheden tijdens de bevoorrading van de montagelijnen. Dit is 7 tot 17 % van de tijd die de bevoorrading kost. De bevoorrading is noodzakelijk, echter zou dit wel sneller uitgevoerd kunnen worden. Op de werkplek van de magazijnmedewerkers is een handmatige scanner aanwezig. Met deze scanner kunnen ze pallets opvragen en terugsturen naar het hoogbouwmagazijn. Op dit moment doen de magazijnmedewerkers dit met de computer. Dit duurt niet alleen langer, ook vind er extra beweging plaats om bij de computers te komen.

Door meer gebruik te maken van de scanners kunnen de handelingen sneller worden uitgevoerd. De bevoorrading kost dan minder tijd.

Daarnaast gebeuren er tijdens de bevoorrading van de montagelijnen controle stappen. Zo wordt er bijvoorbeeld gecontroleerd of de goede onderdelen aan het goede lampje zijn gekoppeld tijdens het inregelen van onderdelen. Terwijl in de minuten voorafgaand hieraan het lampje is gekoppeld. Als er gedurende deze stap goed wordt gekeken of dit klopt, is de controle stap overbodig.

Door beide oplossingen door te voeren zal de variabele *tijd die de bevoorrading van de montagelijnen inneemt* afnemen.

5.3 Conclusie

In hoofdstuk 5 is antwoord gegeven op de vraag: *Welke mogelijke oplossingen zijn er voor HP Valves?*. Dit is gedaan op twee verschillende manieren. Allereerst is er gekeken naar een betere organisatie van de bevoorrading van de montagelijnen. Dit kan worden opgelost door:

- Het creëren van een 2-bin systeem voor de gitterboxen. Dit voorkomt veel beweging voor de magazijnmedewerkers en stilstand van de montage.
- Bepalen welke onderdelen aan de montagelijnen moeten liggen en in welke hoeveelheden. Dit verlaagt het aantal in te regelen onderdelen en zorgt dat de waarde van de voorraad verkleind wordt. Daarnaast is ook het risico dat de voorraad onbruikbaar wordt kleiner en hoeven er maandelijks minder bakken gevuld te worden.
- Om het bevoorradingsproces te standaardiseren en de beweging te minimaliseren, is er een milkrun uitgewerkt voor de bevoorrading van het 2-bin systeem.
- Het invoeren van speciale bakken, voor het inregelen van speciale onderdelen, en het toevoegen van extra bakken. Deze bakken kunnen worden herkend als ze leeg zijn en, zo nodig, uit de roulatie gehaald worden.

Ook voor de andere oorzaken van het kernprobleem zijn oplossingen bedacht:

- Er moeten genoeg bakken, lampjes en plekken in de schappen aan de montagelijnen komen, waardoor het inregelen van speciale onderdelen sneller kan verlopen.
- Goederen moeten in de goede hoeveelheden worden aangeleverd op pallets, waardoor de magazijnmedewerkers bij het verzamelen van onderdelen niet hoeven te slepen met pallets.
- Administratieve handelingen tijdens het bevoorradingsproces moeten adequater worden uitgevoerd, door het gebruiken van de scanner en het elimineren van overbodige stappen.

6. Implementatieplan

In hoofdstuk 5 hebben we oplossingen genoemd om één van de oorzaken van het kernprobleem op te kunnen lossen. Om deze oplossingen in de praktijk te kunnen brengen, moet er eerst een implementatieplan geschreven worden. Hoofdstuk 6 geeft dan ook antwoord op de vraag 'Hoe moeten de oplossingen geïmplementeerd worden?'. Dit wordt gedaan door het beantwoorden van vier vragen: Welke stappen moeten er worden uitgevoerd?, Waar moeten deze stappen worden uitgevoerd?, Wie gaat deze stappen uitvoeren? En wanneer worden deze stappen uitgevoerd?. Voor elk van de uitgewerkte oplossingen worden deze vragen beantwoord. Hierdoor wordt duidelijk welke stappen moeten worden doorlopen, hoe dit gedaan moet worden en in welke volgorde. In paragraaf 6.1 wordt een 2-bin systeem voor gitterboxen besproken. In paragraaf 6.2 wordt het implementatieplan voor een logische schapindeling en bakinhoud beschreven. In paragraaf 6.3 staat een implementatieplan voor het invoeren van een milkrun en tot slot is in paragraaf 6.4 het implementatieplan voor speciale bakken benoemd. Met behulp van dit plan zullen de medewerkers van HP Valves de oplossingen goed kunnen implementeren. Lean management is verantwoordelijk voor de implementatie.

6.1 Two-bin systeem voor gitterboxen

Om succesvol een 2-bin systeem voor de gitterboxen te implementeren, moeten er vier stappen worden uitgevoerd. Allereerst moeten er stellingen worden ingekocht en geplaatst. Vervolgens moeten de productkaarten worden gemaakt, met hierop vermeld dat het om het bijvulsignaal gaat en moeten de gitterboxen op de juiste manier gevuld worden, inclusief de productkaarten. Als laatste moeten de betrokkenen worden geïnformeerd. Alle betrokkenen krijgen een mail met uitleg over het systeem. Daarnaast raden wij aan om het systeem te noemen tijdens de dag-start met de monteurs en in een gesprek met de magazijnmedewerkers, zodat het systeem goed kan worden uitgelegd en eventuele vragen kunnen worden beantwoord. Deze stappen staan vermeld in tabel 11. Het uitvoeren van deze implementatie zal ongeveer 10 tot 12 uur duren, afhankelijk van de mate waarin de gitterboxen op dat moment gevuld zijn.

Nummer:	Stap:	Waar?	Wie?	Wanneer?
1	Het bestellen en plaatsen van stellingen	Kantoor en fabriek	Inkoopafdeling en magazijnmedewerkers	Dit moet op tijdstip nul gebeuren
2	Het creëren van productkaarten voor alle onderdelen uit de gitterboxen.	Kantoor	Lean management	Zodra de stellingen geplaatst zijn
3	Het vullen van beide verdiepingen van de gitterboxen en het plaatsen van de productkaarten.	Montage-lijnen	Magazijnmedewerkers	Zodra het Lean management de productkaarten af heeft, kunnen de magazijnmedewerkers deze stap uitvoeren
4	Informereren van alle betrokkenen	Fabriek	Lean management	De magazijnmedewerkers worden geïnformeerd, zodra zij de taak krijgen om stap 1 uit te voeren. De montage-medewerkers worden geïnformeerd tijdens de eerstvolgende dagstart, nadat stap 3 is uitgevoerd.

Tabel 11 - Stappenplan implementatie 2-bin systeem voor gitterboxen

6.2 Logische schapindeling en bakinhoud

In hoofdstuk 5 is een logische schapindeling gemaakt voor de vier montagelijnen, met behulp van de stuklijsten uit de productiedossiers van de afgelopen 6 maanden. Voor de geselecteerde onderdelen is bepaald in welke hoeveelheden deze moeten worden aangeleverd. Er is aanbevolen deze analyses elke 6 maanden te herhalen, omdat er een constante verandering is in de vraag. Om dit te structureren en standaardiseren is een handleiding en een model opgesteld. Door de stappen uit de handleiding te volgen en gebruik te maken van het model kan het proces eenvoudig herhaald worden. De handleiding en het model zijn terug te vinden in bijlage G. De stappen staan tevens beschreven in tabel 12. Stap 1 tot en met 8 moeten per baan afzonderlijk worden uitgevoerd. Hierna kunnen stap 9 tot en met 12 voor alle banen samen worden uitgevoerd.

Allereerst moet er dus een analyse gemaakt worden welke onderdelen er de afgelopen 6 maanden zijn gebruikt. Daarvoor moet worden uitgezocht welke afsluiters er geproduceerd zijn en welke onderdelen daarvoor nodig waren. Daarna moet er een selectie gemaakt worden welke onderdelen aan de montagelijnen moeten komen te liggen. Aangezien de meeste kennis over onderdelen bij de magazijnmedewerkers ligt, wordt er samen met hen een controle gedaan. Er wordt gekeken welke onderdelen niet tot montage behoren en of er onderdelen vervallen zijn. Hierna kan een definitieve lijst opgesteld worden.

In de analyse, welke onderdelen de afgelopen 6 maanden gebruikt zijn, is ook terug te vinden in welke hoeveelheden deze gebruikt zijn en op welke datum. Er wordt voor alle geselecteerde onderdelen bepaald, hoeveel er in welke maand gebruikt is en wat het gemiddelde hiervan is.

Als voor de geselecteerde onderdelen van alle montagelijnen de vraag is bepaald, kunnen deze lijsten worden samen gevoegd. Voor alle onderdelen worden de kostprijs en maximale bakinhoud toegevoegd. De maximale bakinhoud is afhankelijk van 2 dingen: hoeveel onderdelen er in de bak passen en het gewicht van de onderdelen. Dit gewicht mag niet hoger zijn dan 25 kg. Als dit wel het geval is, zullen er minder onderdelen in de bak geplaatst worden.

Via het model waarin alle onderdelen worden toegevoegd, is eenvoudig te zien wat de waarde van de voorraad is en hoe vaak per maand de magazijnmedewerkers bakken moeten bijvullen. Hierop kunnen de, in hoofdstuk 5 beschreven restricties worden toegepast, om uiteindelijk tot een logisch bepaalde bakinhoud te komen.

Het uitvoeren van deze implementatie zal in totaal 10 uur in beslag nemen per montagelij. Het grootste deel van de tijd wordt hierbij gestoken in het vullen van de schappen met de juiste onderdelen in de juiste hoeveelheden. De tijd waarin dit gehele proces zich afspeelt, is afhankelijk van de mate waarin de verschillende afdelingen op elkaar moeten wachten.

Nummer:	Stap:	Waar?	Wie?	Wanneer?
1	Een lijst maken met de types afsluiters die over de betreffende baan gaan	Kantoor	Werkvoorbereiding	Dit moet op tijdstip nul gebeuren
2	Uitzoeken welke types afsluiters er de afgelopen 6 maanden geproduceerd zijn	Kantoor	Lean management	Zodra de lijst van werkvoorbereiding binnen is
3	Uitzoeken welke onderdelen er in de stuklijsten van de geproduceerde afsluiters staan	Kantoor	Lean management	Zodra bekend is welke afsluiters in de afgelopen 6 maanden geproduceerd zijn
4	Selecteren welke onderdelen aan de baan moeten liggen	Kantoor	Lean management	Zodra bekend is welke onderdelen er gebruikt zijn
5	Lijst verifiëren met de magazijnmedewerkers	Fabriek	Lean management	Zodra de lijst met geselecteerde onderdelen af is
6	Definitieve lijst opstellen	Kantoor	Lean management	Zodra de magazijnmedewerker reactie heeft gegeven
7	Vraag per maand naar de onderdelen bepalen en het gemiddelde toevoegen	Kantoor	Lean management	Zodra er een definitieve lijst met onderdelen is
8	De lijsten van alle Montagelijnen samenvoegen	Kantoor	Lean management	Zodra stap 1 t/m 7 voor alle Montagelijnen is uitgevoerd
9	Maximale bakinhoud bepalen	Kantoor	Lean management	Zodra stap 8 is voltooid
10	Restricties toepassen op de bakinhoud en het aantal bakken	Kantoor	Lean management	Zodra stap 9 voltooid is
11	Een definitieve lijst creëren met onderdelen en hoeveelheden	Kantoor	Lean management	Zodra stap 10 is uitgevoerd
12	De schappen aan de Montagelijnen vullen met de juiste bakken met daarin de juiste hoeveelheid onderdelen	Fabriek	Magazijnmedewerkers	Zodra de definitieve lijst met onderdelen met bijbehorende bakinhoud bekend is

Tabel 12 - Stappenplan implementatie logische schapindeling en bakinhoud

6.3 Milkrun

In hoofdstuk 5 is toegelicht hoe we een milkrun gaan toepassen. Om dit te kunnen doen, is het essentieel dat de implementatie die in paragraaf 6.2 is beschreven, is uitgevoerd. Anders kunnen er problemen ontstaan, aangezien de voorraad dan niet voldoende kan zijn om een milkrun uit te voeren. Hierdoor kan stilstand in de montage ontstaan. Na het uitvoeren van het implementatieplan uit paragraaf 6.2, zijn de voorraden aan de montagelijnen we zodanig dat een milkrun mogelijk is.

Om een milkrun te laten slagen moet allereerst werkvoorbereiding op de hoogte worden gesteld. Zij moeten bij een grote order, van dezelfde afsluiters, een signaal geven aan de magazijnmedewerkers. De magazijnmedewerkers kunnen dan bij het bijvullen van de onderdelen rekening houden met de plotselinge grote vraag naar de onderdelen uit deze afsluiters.

Om de milkrun succesvol te laten verlopen, moeten de magazijnmedewerkers goed op de hoogte zijn van de handelingen die zij moeten uitvoeren. Een medewerker van Lean management zal hen toelichting geven over de werking van een milkrun.

Het uitvoeren van deze implementatie zal 2 tot 4 uur in beslag nemen.

Nummer:	Stap:	Waar?	Wie?	Wanneer?
1	Inlichten werkvoorbereiding	kantoor	Lean management	Zodra de implementatie uit paragraaf 6.2 is uitgevoerd
2	Inlichten magazijnmedewerkers	kantoor	Lean management	Zodra werkvoorbereiding op de hoogte is
3	Uitvoeren milkrun	Fabriek	Magazijn-medewerkers	Zodra stap 1 en 2 zijn uitgevoerd

Tabel 13 - Stappenplan implementatie milkrun

6.4 Speciale bakken

Zodra de schappen zijn gevuld, is het, zoals genoemd in paragraaf 5.1.4, van belang dat het aantal onderdelen niet toeneemt, door het blijven bijvullen van speciale onderdelen. Daarom worden de speciale onderdelen in afwijkende bakken aangeboden. Ook worden tijdelijke extra bakken met 'normale' onderdelen in deze bakken aangeboden. De bakken zijn te onderscheiden door een ander kleur etiket. In tabel 15 zijn de stappen te vinden die gevolgd moeten worden om dit te implementeren. Hierna zal het systeem doorgezet moeten worden, door altijd de speciale onderdelen in bakken met een gekleurd etiket te doen. Het toepassen van deze implementatie zal ongeveer 2 tot 3 uur duren.

Nummer:	Stap:	Waar?	Wie?	Wanneer?
1	Inkopen van andere kleuren etiketten	Inkoop-afdeling	Inkoop-medewerker	Dit moet op tijdstip nul gebeuren
2	Informereren van de magazijnmedewerkers	Fabriek	Lean management	Zodra de etiketten binnengekomen zijn
3	De speciale onderdelen en extra bakken die op dat moment aan de montagelijnen liggen voorzien van een nieuw etiket.	Fabriek	Magazijn-medewerkers	Zodra de magazijnmedewerkers geïnformeerd zijn

Tabel 14 - Stappenplan implementatie bakken voor speciale onderdelen

6.5 Conclusie

In hoofdstuk 6 is antwoord gegeven op de vraag: *'Hoe moeten de gekozen oplossingen geïmplementeerd worden?'*. Om de oplossingen succesvol te kunnen implementeren, moeten er een aantal stappen gevolgd worden. Om deze stappen zo snel en foutloos mogelijk uit te kunnen voeren, zijn er handleidingen en modellen gemaakt die de uitvoer standaardiseren.

De implementatie bestaat uit 4 stappen. Er zal een 2-bin systeem ingevoerd worden bij de gitterboxen, de schapindeling en inhoud van de bakken zullen worden aangepast, er zal een milkrun komen en er zullen speciale bakken worden ingevoerd.

Om de oplossingen goed te kunnen implementeren is 54 tot 59 uur nodig. Sommige stappen zullen elke 6 maanden herhaald moeten worden, omdat er een grote variëteit in vraag naar afsluiters en onderdelen is. De verwachting is dat dit proces, naarmate het vaker uitgevoerd wordt, sneller zal verlopen. Het gaat om het bepalen van de onderdelen in de schappen en het berekenen van de inhoud van de bakken van deze onderdelen en het bepalen van de buffervoorraden.

7. Conclusie

In dit verslag is een onderzoek beschreven met als onderzoeksvraag: 'Hoe kunnen verspillingen uit het voorraadbeheer van de Montagelijijn bij HP Valves worden gehaald, zodat het efficiënter verloopt?'. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is onderzoek gedaan naar vijf deelvragen. In dit hoofdstuk worden deze deelvragen nog eens kort benoemd en beantwoord, waarna antwoord gegeven zal worden op de onderzoeksvraag. Dit staat beschreven in paragraaf 7.1. Tenslotte worden er in paragraaf 7.2 enkele aanbevelingen gedaan.

7.1 Conclusie

In deze paragraaf geven wij een korte samenvatting van de antwoorden die gedurende het onderzoek zijn gegeven op de deelvragen. Met deze informatie zullen we vervolgens de hoofdvraag kunnen beantwoorden.

1. Hoe ziet de huidige situatie eruit?

Bij HP Valves gebeurt de montage aan de hand van een pick-to-light systeem. Dit wordt bevoorraadt door middel van een 2-bin systeem. Echter passen niet alle onderdelen in de schappen aan de Montagelijijn. Onderdelen die nodig zijn voor de montage, maar niet in de schappen liggen, worden ordergericht gepickt en ingeregeld in het pick-to-light systeem.

2. Wat is Lean management?

In hoofdstuk 3 is inzicht gegeven in de managementfilosofie waarmee HP Valves werkt, Lean management. Dit richt zich op het elimineren van verspillingen. Verspillingen zijn activiteiten die geen waarde toevoegen voor de klant en onnodig zijn om uitgevoerd te worden. Lean management kent 8 soorten verspillingen. Er zijn verschillende technieken om deze verspillingen in kaart te brengen, zoals het maken van een spaghetti diagram, value stream maps en time value maps.

3. Welke verspillingen zien we terug binnen het bevoorradingsproces van de Montagelijijnen?

De grootste verspillingen bij HP Valves zijn in kaart gebracht door spaghetti diagrammen en time value maps. Dit zijn voorraad, overbewerking, wachten en beweging. Deze verspillingen kunnen we meten aan de hand van 4 variabelen:

- De waarde van de voorraad aan de Montagelijijnen. Deze is in de huidige situatie XXX.
- Het percentage in te regelen onderdelen. Dit is in de huidige situatie 3,8%.
- De stiltand in de montage. Dit is in de huidige situatie 4,2%.
- De tijd die de bevoorrading van de Montagelijijnen inneemt. Dit is in de huidige situatie 45 uur.

De grootste aanleiding voor deze verspillingen is dat de bevoorrading van de Montagelijijnen onvoldoende is uitgewerkt. Het gaat hierbij om:

- De grote hoeveelheid beweging die tijdens de bevoorrading plaatsvindt, voor de bevoorrading van de gitterboxen en het 2-bin systeem.
- De huidige indeling van de schappen en de inhoud van de bakken is onlogisch.
- De voorraad groeit langzaam aan, omdat onderdelen worden bijgevuld, zonder dat dit nodig is.

4. Hoe kunnen de problemen binnen HP Valves worden opgelost?

Om de bevoorrading van de Montagelijijnen efficiënter te laten verlopen zijn een aantal oplossingen bedacht. Zo moet er een 2-bin systeem gemaakt worden voor de gitterboxen, moet de schapindeling en bakinhoud onder de loep genomen worden, moet er structuur worden aangebracht in de bewegingen van de magazijnmedewerkers en moet er gekeken worden naar een systeem waarbij speciale onderdelen niet klakkeloos worden bijgevuld.

5. Hoe moeten de gekozen oplossingen geïmplementeerd worden?

Om de oplossingen te implementeren moeten een aantal stappenplannen gevolgd worden. Voor het invoeren van een 2-bin systeem bij gitterboxen en het doorvoeren van de afwijkende bakken voor speciale onderdelen, hoeft dit maar éénmalig te gebeuren. De andere stappenplannen moeten halfjaarlijks worden herhaald, zodat er rekening gehouden kan worden met de grote variatie in vraag naar onderdelen. Het implementeren van de oplossingen zal tussen de 54 en 59 uur kosten.

Hoe kunnen verspillingen uit het voorraadbeheer van de Montagelijijn bij HP Valves worden gehaald, zodat het efficiënter verloopt?

Het onderzoek heeft uitgewezen dat de problemen die zich voordoen tijdens de bevoorrading van de Montagelijnen bij HP Valves, grotendeels kunnen worden opgelost, door de organisatie van de bevoorrading aan te pakken. We bespreken nu de oplossingen en de veranderingen die zij teweeg brengen in de verspillingen. Die geven wij weer aan de hand van de gekozen variabelen.

Als eerste is er voor de gitterboxen een 2-bin systeem ingevoerd. Hierdoor is er geen controle meer nodig of de gitterboxen leeg zijn. De magazijnmedewerkers hoeven niet meer langs de gitterboxen te lopen, dit brengt een daling in de tijd, die de bevoorrading inneemt, teweeg. Daarnaast verdwijnt de kans dat er niet wordt opgemerkt dat een gitterbox leeg is. De kans op stilstand in de montage, door een lege gitterbox, is hierdoor niet meer aanwezig.

Door de indeling en inhoud van de schappen aan de Montagelijnen te baseren op gegevens uit het recente verleden, in plaats van de intuïtie van de magazijnmedewerkers, kan het bevoorradingsproces efficiënter verlopen. Het aantal in te regelen onderdelen en de tijd die de bevoorrading inneemt, nemen beide af, doordat er bepaald is welke onderdelen het best aan de Montagelijnen kunnen liggen. Het aantal in te regelen onderdelen daalt van 3,8% naar 0,5%. Dit brengt direct ook een verandering in de variabele; tijd die de bevoorrading inneemt, teweeg. Doordat er nu 87% minder onderdelen ingeregeld hoeven te worden, wordt er wekelijks ook minder tijd hieraan besteed. In de huidige situatie werd er wekelijks 8 uur aan de bevoorrading besteed, dit zal nu nog maar 1 uur zijn. Deze verandering bespaard jaarlijks XXX.

Naast dat er is bepaald welke onderdelen in de schappen van de Montagelijnen moeten liggen, is ook gekeken in welke hoeveelheden dit moet gebeuren. Allereerst kan hierdoor bespaard worden op de waarde van de voorraad die aan de Montagelijnen ligt. Dit was in de huidige situatie XXX en zal afnemen tot XXX. Een daling van 35%. De stilstand bij de montage zal ook afnemen, doordat de onderdelen, door de berekende bakinhoud, in de goede hoeveelheden worden aangeboden. De kans dat er te weinig onderdelen aan de Montagelijnen liggen, om door te monteren als er een onderdeel bijgevuld wordt, is hierdoor kleiner.

De indeling van de schappen moet halfjaarlijks herhaald worden, omdat er een grote variatie is in de vraag naar onderdelen. Hiervoor is een model, inclusief handleiding, gemaakt. Het model vereenvoudigt en standaardiseert het proces. Hierdoor kan deze oplossing snel worden uitgevoerd en is er een duidelijke consistente output.

Om de werkzaamheden van de magazijnmedewerkers meer te structureren, worden er milkruns ingevoerd. Hierin worden, tijdens het afleggen van een vaste route, één keer per dag lege bakken opgehaald en volle bakken teruggezet. De vele bewegingen van en naar de Montagelijnen zijn vervangen door één beweging per dag. Hierdoor zal de tijd die de bevoorrading van de Montagelijnen kost afnemen.

Als laatste worden er speciale bakken ingevoerd. Deze zijn bestemd voor onderdelen die moeten worden ingeregeld en tijdelijke extra bakken. Doordat de bakken een specifiek uiterlijk hebben, wordt nadat ze leeg zijn, gecheckt of het onderdeel moet worden bijgevuld. Als dit niet het geval is, wordt de bak uit de roulatie gehaald. Hierdoor neemt de voorraad niet meer geleidelijk toe en blijft er genoeg plaats over om onderdelen in te regelen.

Gedurende het onderzoek is veel kennis vergaard over de huidige situatie en de mogelijke oplossingen voor de problemen die zich hierin voordoen. Op basis van deze informatie kunnen we concluderen dat de verspillingen die zich voordoen bij HP Valves, kunnen worden verminderd door het invoeren van de eerdergenoemde oplossingen. Daarnaast zal het kernprobleem nog verder opgelost kunnen worden, door ook de overige oorzaken, die in dit onderzoek kort zijn behandeld, aan te pakken. Het gaat hierbij om de grote hoeveelheid beweging rond de pallets op de vloer, het tijdrovende proces van het inregelen van onderdelen en de tijd die aan administratie besteed wordt.

7.2 Aanbevelingen

Allereerst adviseren wij HP Valves om de genoemde oplossingen door te voeren, om verspillingen in de huidige situatie te kunnen elimineren. Dit gaat zowel om de oplossingen die al zijn uitgevoerd, en waar een implementatieplan voor geschreven is, als de oplossingen die kort genoemd zijn voor de andere oorzaken van het kernprobleem. Deze oplossingen behoeven eerst nog verdere uitwerking voor ze in de praktijk gebracht kunnen worden. Wij dragen dit verslag over aan de afdeling Plant management. Zij zullen dit verder oppakken.

Voor een deel van de oplossingen die in hoofdstuk 5 zijn beschreven, is genoemd dat dit halfjaarlijks herhaald moet worden. Wij bevelen HP Valves dan ook met klem aan dit te doen. De reden hiervoor is, dat de vraag naar onderdelen erg variabel is en dit kan de efficiëntie van de bevoorrading in de weg zitten. Door dit elk half jaar te herhalen, blijft het proces efficiënt lopen.

Naast het herhalen van de oplossingen, adviseren wij ook om een evaluatie van de oplossingen te doen. De oplossingen hebben op papier veel effect, echter kan dit in de praktijk anders zijn. Door een steeds wisselende situatie binnen HP Valves is het belangrijk om ook dit systeem te evalueren en te optimaliseren. Wij raden aan dit ook elk half jaar te doen, alvorens er wordt bepaald welke onderdelen in de schappen van de montagelijnen moeten komen te liggen. Verbeteringen kunnen dan worden doorgevoerd en tijdens de volgende evaluatie weer worden besproken. Als er na verloop van tijd gemerkt wordt dat het systeem goed functioneert, kan de frequentie van de evaluatie worden verlaagd. Deze evaluatie moet worden uitgevoerd door de afdelingen Plant management en Magazijn.

Daarnaast adviseren wij HP Valves om, na het implementeren van de oplossingen, te onderzoeken of de bevoorrading nog verder geoptimaliseerd kan worden. Gedurende het onderzoek is er gesproken over het invoeren van familiepallets. Dit zijn pallets met hierop onderdelen die samen gebruikt worden. De oplossing is nog niet uitgevoerd, omdat er voor gekozen is om eerst de kern van de organisatie van de bevoorrading aan te pakken. Familiepallets zouden het proces nog verder kunnen verbeteren en wij adviseren daarom ook om hier onderzoek naar te doen. Ook andere oplossingen kunnen het proces nog efficiënter laten verlopen. Daarom adviseren wij nogmaals met een kritische blik de bevoorrading van de montagelijnen te bekijken, zodat er nog meer verspillingen uit het proces gehaald kunnen worden.

Bibliografie

- Ani, M., Razali, M., & Rhaffor, K. (2014). The effectiveness of Value Stream Mapping (VSM) as an Improvement Tool for the Manufacturing Operation. *Advanced Materials Research*.
- Arnheiter, E., & Maleyeff, J. (2005). The integration of Lean Management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 5-18.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox*. Buckingham: PICSIE Books.
- Bowen, R., & McDonough, M. (2013). *Constructing a time value map*. Retrieved from brighthubpm: <https://www.brighthubpm.com/six-sigma/52896-constructing-a-time-value-map/>
- Brink, T., & Ballard, G. (2005). A case study in applying lean to job shops. *Construction Research Congress, San Diego*.
- Continuous Improvement Toolkit. (2018). *Time Value Map*. Retrieved from CIToolkit: <https://citoolkit.com/articles/time-value-map/>
- Gustavsson, H., & Axelsson, J. (2010). Improving the System Architecting Process through the Use of Lean Tools. *Portland International Center for Management of Engineering and Technology*.
- Heerkens, H., & Van Winden, A. (2012). *Geen probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.
- HP Valves. (2018, maart). *About us*. Retrieved from HP valves: https://www.hpvalves.com/about_us/
- Jones, D. (2010). *Lean techniques for Data Quality Improvement: Time Value Traps*. Retrieved from Data Quality Pro: <https://www.dataqualitypro.com/lean-data-quality-time-value-traps/>
- Mendelow, A. (1991). *Stakeholder Mapping, Proceeding of the 2nd International Conference on Information Systems*. Cambridge.
- Obeidat, M., Pei, Z., & Al-Aomar, R. (2012). Implementing Lean Manufacturing in the Sewing Industry. *Industrial and Systems Engineering Research Conference*.
- Oxford Dictionaries. (2018, april 26). *Definition efficient*. Retrieved from Oxford Dictionaries: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/efficient>
- Senderska, K., Mares, A., & Vaclav, S. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operation Management*. Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Stadnicka, D., & Antonelli, D. (2015). Application of Value Stream Mapping and Possibilities of Manufacturing Processes Simulations in Automotive Industry. *FME Transactions*.
- Theisens, H. (2016). *Lean Six Sigma Black Belt: mindset, skill and tool set*. Amstelveen. The Netherlands: Lean Six Sigma Academy.
- Wanitwattanakosol, J., & Sopadang, A. (2011). A framework for implementing lean manufacturing system in small and medium enterprises. *Applied Mechanics and Materials*.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. London: Simon and Schuster.

Bijlage A – Woordenlijst

Automatisch geleid voertuig / AGV: Mobiele robot die pallets verplaatst van en naar het hoogbouwmagazijn.

CALDAN-baan: Een rail door de fabriek waaraan afsluiters zich voortbewegen van en naar verschillende bewerkingen.

Efficiënt: Het bereiken van maximale productiviteit met minimale verspilde moeite of kosten.

Familiepallet: Een pallet met hierop onderdelen die samen gebruikt worden.

Hand operated valves / HOV: Afsluiter die handbediend kan worden geopend en gesloten.

Lean management: Een managementfilosofie die zich richt op het continue verbeteren van processen en het elimineren van verspillingen.

Milkrun: Een leveringsmethode waarbij een vastgestelde route wordt afgelegd.

Motor operated valves / MOV: Afsluiter die door middel van een motor wordt geopend en gesloten.

One-piece-flow: Producten worden per stuk geproduceerd, waarbij de handelingen elkaar opvolgen.

Pick-to-light systeem: Methode die door middel van lichtdisplays aangeeft welke onderdelen nodig zijn.

Pneumatic operated valves / POV: Afsluiter die door middel van luchtdruk wordt geopend en gesloten.

Spaghettidiagram: Een methode, afkomstig uit Lean, dat beweging van een product of persoon in kaart brengt.

Stuklijst: Een lijst waarop de materialen staan die in een product moeten.

Time value mapping: Een methode, afkomstig uit Lean, waarbij een proces gevisualiseerd wordt op basis van waardetoevoegende activiteiten en niet-waardetoevoegende activiteiten.

Two-bin systeem: Voorraadsysteem waarbij voorraad is verdeeld over twee (of meer) bakken: grijpvoorraad en reservevoorraad.

Value stream mapping / VSM: Een techniek binnen Lean die als doel heeft om verspillingen in kaart te brengen en de waardestream in organisaties te verbeteren.

Bijlage B – Theoretisch kader

B.1. Theoretisch kader

Het doel van dit onderzoek is verspillingen uit het voorraadbeheer van de montagelijnen bij HP Valves halen. De huidige situatie zal bekeken worden door een 'Lean-bril'. Om dit goed te kunnen doen is er eerst meer informatie over Lean nodig. De onderzoeksvraag uit dit hoofdstuk is: *Wat is Lean management?*. Allereerst wordt Lean in zijn algemeenheid toegelicht. Dit wordt gedaan aan de hand van kennis die als bekend is. Deze is grotendeels afkomstig uit de boeken: *The Lean Toolbox* (Bicheno & Holweg, 2009), *Operations Management* (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013) en *Lean Six Sigma* (Theisens, 2016). Deze boeken omvatten veel algemene informatie over Lean. Hierna gaan we opzoek naar manieren waarmee verspillingen in kaart kunnen worden gebracht. Dit onderzoek wordt gedaan aan de hand van systematische literatuuronderzoek en zal in de volgende paragraaf verder worden toegelicht.

B.2. Systematisch literatuuronderzoek

Om de kennisvragen goed te kunnen beantwoorden, is er literatuuronderzoek gedaan. Dit is ingericht aan de hand van het proces van systematisch literatuuronderzoek. Het literatuuronderzoek bestaat uit een aantal stappen. Deze worden hieronder beschreven en zijn tevens schematisch weergegeven in afbeelding 11.

6. **Het opstellen van een kennisvraag.**

De kennisvraag die doormiddel van literatuurstudie beantwoord gaat worden is: Hoe kunnen verspillingen in kaart worden gebracht?

7. **Kijken wat hier allemaal over te vinden is.**

Er is gekeken welke technieken er allemaal mogelijk zijn om verspilling op te sporen.

8. **Perspectief kiezen.**

Na onderzoek welke technieken er allemaal zijn is er samen met de begeleiders van dit onderzoek gekeken welke het meest van toepassing zijn voor dit onderzoek. Er is gekozen om tijdens deze literatuurstudie vooral te richten op Value Stream Mapping en Spaghetti Diagrams. Voor deze twee onderwerpen worden 2 literatuurstudies uitgevoerd.

9. **Artikelen zoeken.**

Het zoeken van artikelen is gedaan aan de hand van systematisch literatuuronderzoek. In onderstaande tabellen (15 en 18) is te zien welke zoektermen gebruikt zijn, op welke datum dit is gebeurd en hoeveel artikelen er hiermee gevonden zijn.

10. **Relevante artikelen selecteren.**

Nadat de zoektermen in beide databases gebruikt is zijn uitsluitingen (exclusions) toegepast om te filteren op relevante artikelen. Deze uitsluitingen staan weergegeven in tabel 16 en 19. Vervolgens zijn dubbele artikelen uit de overgebleven artikelen verwijderd. Van de resterende artikelen zijn de samenvattingen (abstracts) gelezen en aan de hand hiervan is bepaald of de artikelen van toegevoegde waarde zijn om antwoord te geven op de onderzoeksvraag.

11. **Artikelen lezen en laatste selectie.**

De overgebleven artikelen zijn vervolgens helemaal gelezen en als ze inhoudelijk interessant waren voor het onderzoek is de informatie weergegeven in een concept matrix (tabel 17 en 20). Aan de hand hiervan is uiteindelijk de kennisvraag beantwoord.

Naast de informatie die in de artikelen gevonden is, is er bij deze paragraaf ook gebruik gemaakt van *The Lean Toolbox* (Bicheno & Holweg, 2009) en *Lean Six Sigma* (Theisens, 2016).

Value stream mapping - zoekproces

Zoekterm	Bereik	Datum van onderzoek	Aantal artikelen
Lean AND "identify waste" AND "value stream mapping"	Article, abstract, keywords	10-4-18	23
"value stream mapping" AND "how to"	Article, abstract, keywords	10-4-18	34
Totaal			57
Exclusion criteria			-28
Betaalde artikelen			-17
Na lezen abstract en scannen artikelen			-5
Na volledig lezen van de artikelen			-1
Totaal			7

Tabel 15 - Zoektermen Value stream mapping

Nummer	Criteria	Uitleg
1	Computer science	Niet relevant voor het onderzoek
2	Material science	Niet relevant voor het onderzoek
3	Chemical science	Niet relevant voor het onderzoek
4	Chemistry	Niet relevant voor het onderzoek
5	Medicine	Niet relevant voor het onderzoek
6	Enviromental science	Niet relevant voor het onderzoek
7	Artikelen voor 1990	Lean is ontwikkeld rond 1990. Artikelen die hiervoor gepubliceerd zijn zullen niet relevant zijn.

Tabel 16 - Uitsluitingen Value stream mapping

Value stream mapping - conceptmatrix

Bron	Wat is het?	Hoe kan het toegepast worden?	Conclusie
The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation (Bicheno & Holweg, 2009)	Value stream mapping is een raamwerk voor Lean implementatie. De situatie in kaart brengen is alleen zinvol als er iets mee gedaan wordt. Anders is het zinloos en dus verspilling.	Ga naar de werkplek toe en observeer. Aan de hand hiervan kan de huidige situatie worden 'gemapt'. Hierna moet beschreven worden wat de toekomstige situatie dient te zijn. Het verschil tussen deze twee vormt het implementatieplan. Als de huidige situatie de toekomstige situatie is geworden, kan er opnieuw een toekomstige situatie beschreven worden.	Door het herhalen van de cycles worden steeds meer verspillingen uit het proces gehaald. Het is nooit mogelijk om de ultieme situatie te behalen maar het proces wordt wel steeds beter gemaakt.
Lean Six Sigma Black Belt: mindset, skill and tool set (Theisens, 2016)	Value stream mapping is een techniek waarbij een reeks activiteiten van een productieproces wordt geanalyseerd en materiaal en informatiestromen worden weergegeven. Er zijn 3 soorten activiteiten te onderscheiden. Waarde toevoegende activiteiten, niet-waarde toevoegende activiteiten en noodzakelijke activiteiten. De klant betaald niet voor niet-waarde toevoegende activiteiten dus die moeten zoveel mogelijk worden geëlimineerd.	Value stream mapping bestaat uit 4 stappen: 1. Beschrijven van de productfamilie (groep producten die dezelfde stappen afleggen) 2. Current state map maken (map van de materiaal- en informatiestroom in de huidige situatie) 3. Future state map maken (map waarbij de verspillingen uit het proces zijn gehaald) Omschrijf het werkplan en de implementatie (implementeren van de future state map)	Value stream mapping heeft als doel om de doorlooptijd van processen te verkleinen en de verspillingen uit het proces te halen.
The effectiveness of Value Stream Mapping (VSM) as an improvement tool for the manufacturing operation (Ani, Razali, & Rhaffor, 2014)	Een value stream map visualiseert het hele proces aan de hand van standaard symbolen en nummers. Het laat de stroom van materialen en informatie zien. Het helpt om de voorraden, mankracht, informatie en tijdscyclus van de verschillende stations overzichtelijk weer te geven.	Value stream mapping bestaat uit 5 stappen: het beschrijven van de product familie, het beschrijven van de huidige situatie, het beschrijven van de toekomstige situatie, het ontwikkelen van een actieplan om de toekomstige situatie de huidige situatie te maken en het eindeloos blijven verbeteren.	Het doel van value stream mapping is om verspillingen in kaart te brengen. Aan de hand van een value stream map kunnen processen worden gesimplificeerd.
A case study in applying lean to a job shop (Brink & Ballard, 2005)	Value stream mapping is een effectief hulpmiddel om bottom-up verspillingen te identificeren en mogelijkheden voor verbeteringen te ontdekken	-	Value stream mapping helpt processen te verbeteren.

A framework for implementing lean manufacturing system (Wanitwattanakosol & Sopadang, 2011)	Een value stream map geeft zowel de waarde als de verspillingen van een proces weer.	-	Value stream mapping brengt verspillingen en waarde in kaart.
Improving the system architecting process through the use of lean tools (Gustavsson & Axelsson, 2010)	Value stream mapping is een manier om verspillingen in een systeemarchitectuur te ontdekken. Value stream mapping was aanvankelijk bedoelt om processen te optimaliseren maar blijkt ook van waarde voor het ontwerpen van processen.	Value stream mapping omvat 4 stappen. Value stream scope (1): het doel is om een goed beeld te krijgen van het proces. Current state (2): de eisen van de klant worden geïdentificeerd en de stroom van materialen en informatie wordt in kaart gebracht. Future state (3): deze stap wordt uitgevoerd om het proces te verbeteren. Er wordt een toekomstige staat opgesteld waar naartoe kan worden gewerkt. Workplan and implementation (4): in deze stap gaat om de implementatie van de verbeteringen, door middel van een werkplan.	Value stream mapping verbeterd de waarde creatie van processen. Value stream mapping kan ook worden ingezet tijdens het ontwikkelen van nieuwe processen in plaats van het verbeteren van bestaande processen.
Application of Value Stream Mapping and Possibilities of Manufacturing Processes Simulations in Automotive Industry (Stadnicka & Antonelli, 2015)	Het doel van value stream mapping implementatie is verspilling opsporen en het verbeteren van de waarde stroom. Value stream mapping wordt gebruikt om productiesystemen te analyseren door middel van standaard symbolen. Value stream mapping is geïmplementeerd voor product families, dit is een groep van producten dat door hetzelfde productiesysteem gaat.	Een current state map beschrijft de onderdelen van de processen, de volgorde en de belangrijke variabelen. Na het maken van een current state kunnen de cycletijden en de takt tijd worden geanalyseerd. Op basis hiervan kan gekeken welke stappen te lang duren. Dan kan er een future state worden opgesteld. Productiestappen kunnen worden samengevoegd of anders worden ingericht waardoor de gehele productie sneller kan verlopen en er minder stilstand is. Echter moet er wel rekening gehouden worden met de takt tijd. Deze mag niet kleiner zijn dan de cycletijden	Het doel van value stream mapping is het verbeteren van processen door het verwijderen van verspillingen.
Implementation of Lean Manufacturing in the Sewing Industry (Obeidat, Pei, & Al-Aomar, 2012)	Het doel van value stream mapping is het benadrukken van de verschillende soorten verspillingen en het vinden van een manier om deze verspillingen te elimineren of te verminderen.	Bij het maken van een value stream map moet eerst bepaalt worden op welk product op productfamilie er gericht gaat worden. Vervolgens wordt een current state opgesteld en als laatst wordt een future state ontwikkeld die behaald kan worden door het implementeren van Lean technieken.	Met value stream mapping kunnen verschillende soorten verspillingen in kaart worden gebracht en worden geëlimineerd.

Tabel 17 - Concept matrix Value stream mapping

Spaghetti diagram - zoekproces

Zoekterm	Bereik	Datum van onderzoek	Aantal artikelen
Lean AND "identify waste" AND "spaghetti diagram"	Article, abstract, keywords	10-4-18	0
Lean AND waste AND "spaghetti diagram"	Article, abstract, keywords	10-4-18	7
"spaghetti diagram" AND "How to"	Article, abstract, keywords	10-4-18	0
Lean AND application AND "spaghetti diagram"	Article, abstract, keywords	10-4-18	7
Totaal			14
Dubbele verwijderen			-1
Exclusion criteria			-5
Betaalde artikelen			-6
Na lezen abstract en scannen artikelen			0
Na volledig lezen van de artikelen			-1
Totaal			1

Tabel 18 - Zoektermen Spaghetti diagram

Nummer	Criteria	Uitleg
1	Computer science	Niet relevant voor het onderzoek
2	Material science	Niet relevant voor het onderzoek
3	Physics	Niet relevant voor het onderzoek
4	Multidisciplinary	Niet relevant voor het onderzoek
5	Medicine	Niet relevant voor het onderzoek
6	Biochemistry	Niet relevant voor het onderzoek
7	Artikelen voor 1990	Lean is ontwikkeld rond 1990. Artikelen die hiervoor gepubliceerd zijn zullen niet relevant zijn.

Tabel 19 - Uitsluitingen Spaghetti diagram

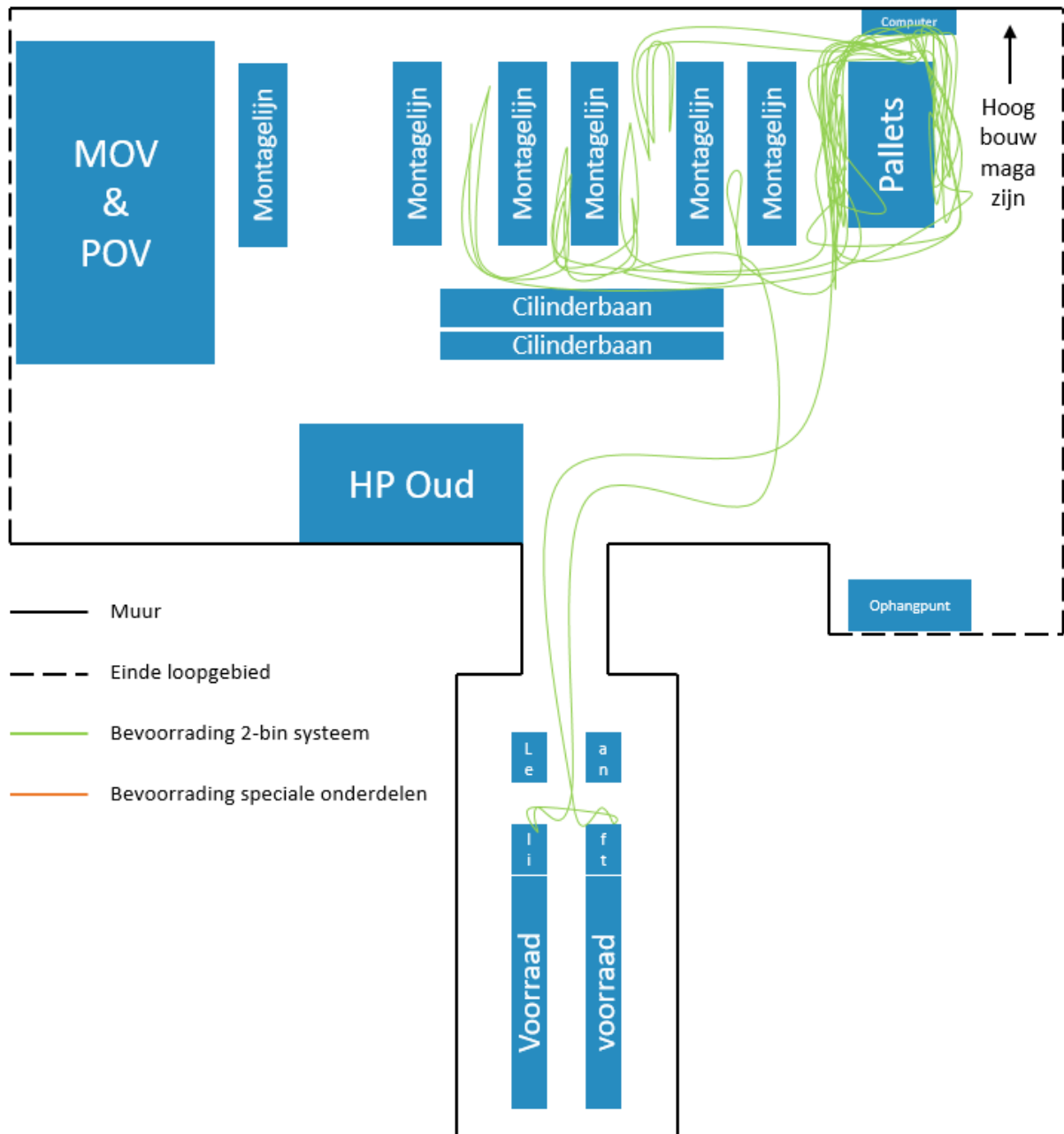
Spaghetti diagram - conceptmatrix

Bron	Wat is het?	Hoe kan het toegepast worden?	Conclusie
The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation (Bicheno & Holweg, 2009)	Een spaghetti diagram is één van de hulpmiddelen van Lean om verspillingen in kaart te brengen. Aan de hand van deze tool kan de lay-out van werkplekken geoptimaliseerd worden.	Een spaghetti diagram kan gemaakt worden door op een plattegrond de route van goederen of personen weer te geven. Aan de hand hiervan kan je lengte van de route vastgelegd worden.	Door het maken van een spaghetti diagram kunnen verschillende verspillingen in kaart worden gebracht, namelijk transport en beweging.
Lean Six Sigma Black Belt: mindset, skill and tool set (Theisens, 2016)	Een spaghetti diagram is een manier waarop beweging en transport van een product of document gevisualiseerd kan worden.	-	Analyse van een spaghetti diagram kan leiden tot het vinden van verspillingen en kan helpen de om de werkzaamheden te stroomlijnen.
Spaghetti diagram application for workers' movement analysis (Senderska, Mares, & Vaclav, 2017)	Eén van de criteria waarop de 'juiste' lay-out gekozen kan worden is de beweging van de werknemers. Aan de hand van een spaghetti diagram kan dit worden gevisualiseerd en geanalyseerd.	Een spaghetti diagram is een methode waarmee de beweging van een persoon of een voorwerp kan worden bekeken. Een spaghetti diagram wordt gemaakt op een plattegrond. Bij het maken van een spaghetti diagram kan gebruik worden gemaakt van verschillende kleuren voor verschillende werknemers, voorwerpen of tijdstippen. Tijdens de analyse kan gekeken worden naar afstand, overlappende of kruisende bewegingen of het aantal bewegingen.	Op basis van de analyse van het spaghetti diagram kunnen inefficiënte bewegingen en ineffectieve gebieden in kaart worden gebracht.

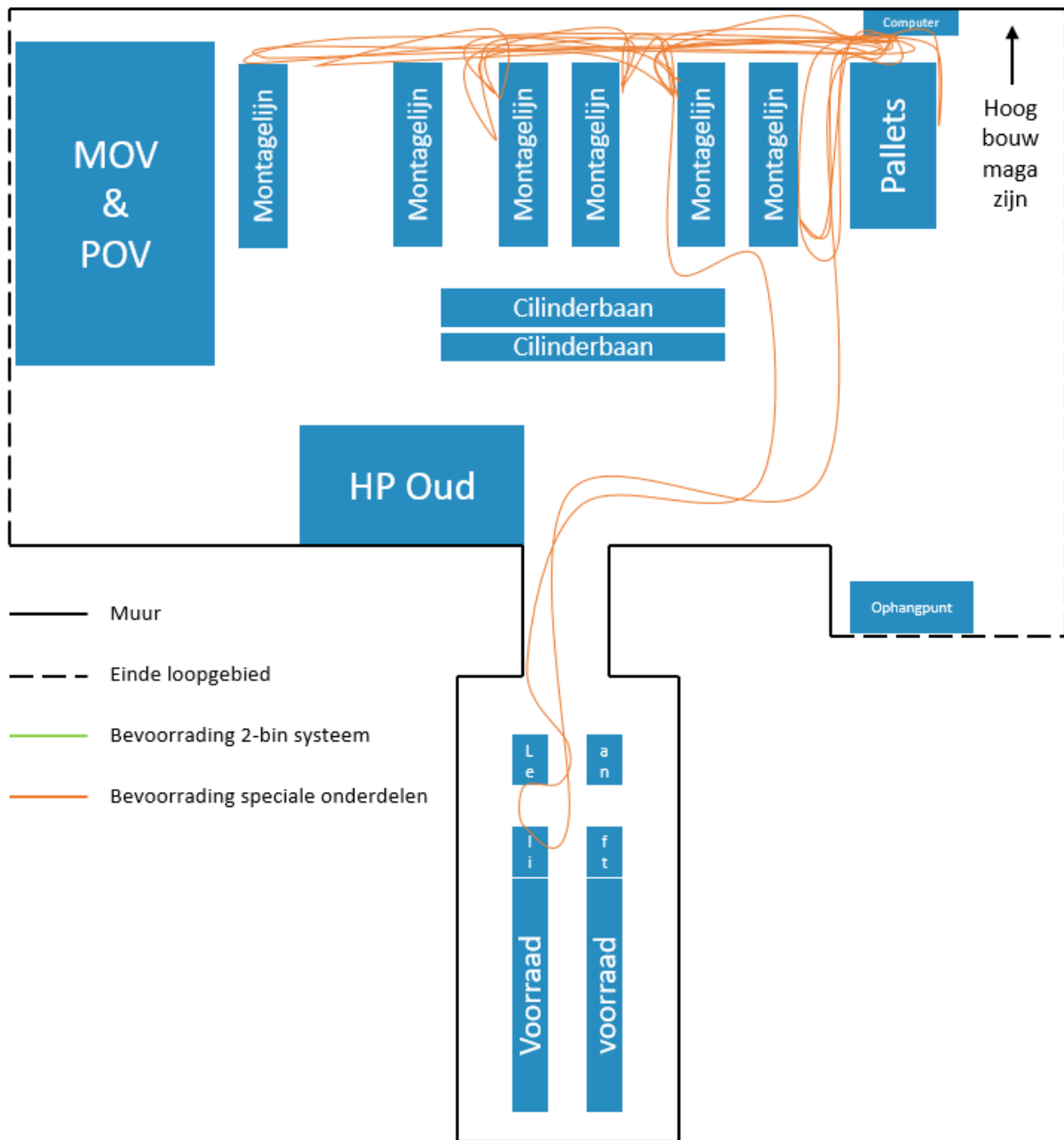
Tabel 20 - Concept matrix Spaghetti diagram

Bijlage C – Spaghetti diagrammen

C.1 Spaghetti diagram bevoorrading 2-bin systeem



C.2 Spaghetti diagram bevoorrading speciale onderdelen



Bijlage D – Overwogen oplossingen

Naast de oplossingen die in hoofdstuk 5 zijn genoemd en uitgewerkt, zijn er meer oplossingen die tijdens dit onderzoek zijn overwogen. In deze bijlage worden deze oplossingen genoemd. Tevens worden de redenen gegeven, waarom deze oplossingen in dit onderzoek niet zijn doorgevoerd. Sommige oplossingen zijn helemaal niet geschikt, andere lossen problemen op waarvoor betere oplossingen zijn of kunnen later nog eens overwogen worden.

D.1 Omzeilen van de AGV

Het duurt lang om onderdelen uit het hoogbouwmagazijn te verzamelen, omdat de AGV nog niet snel genoeg werkt. Als veelgebruikte onderdelen niet meer in het hoogbouwmagazijn geplaatst worden, hoeft de AGV minder vaak gebruikt te worden. Bij deze onderdelen hoeft er niet meer op de AGV gewacht te worden. Hierdoor worden minder vaak pallets aangevraagd, waardoor andere pallets er sneller zijn. De goederen kunnen in plaats van in het hoogbouwmagazijn, in het speciaal magazijn geplaatst worden.

Deze oplossing wordt niet toegepast, omdat er momenteel gewerkt wordt aan de problemen met de AGV. De AGV is pas sinds kort in gebruik bij HP Valves en de verwachting is dat deze nog beter gaat functioneren. Wij laten deze oplossing daarom buiten beschouwing. Als er later toch problemen met de AGV blijven, kan er altijd nog gekeken worden naar deze oplossing.

D.2 Systeem waarin benodigde onderdelen te zien zijn

In Isah is te zien welke afsluiters er de komende tijd geproduceerd gaan worden. Er zou een systeem kunnen worden opgezet waardoor er voor de magazijnmedewerkers te zien is welke onderdelen er de komende tijd nodig zijn en op welke plek. Ook zou het verschil tussen wat nodig is en wat aanwezig is aan de montagelijnen getoond kunnen worden. Hierdoor kunnen ze inspelen op drukte en zorgen dat er genoeg onderdelen aanwezig zijn. Tevens kunnen ze zien of er veel bakken moeten worden bijgevuld de komende dag(en). Ze kunnen de werkcapaciteit hier dan op aanpassen.

Het principe van het 2-bin systeem is dat als er een bak leeg is de reservevoorraad genoeg zou moeten zijn om te kunnen blijven monteren tot de bak weer gevuld is. Er zou geen informatie nodig hoeven zijn over welke onderdelen er gebruikt worden. Dit wordt vanzelf opgemerkt door een lege bak. Deze oplossing zal dan ook niet worden uitgevoerd. Eventueel zou het nog wel kunnen worden uitgevoerd voor de speciale onderdelen die niet aan de montagelijnen liggen. Dit zou dan moeten worden ingebouwd in het ERP-systeem, Isah. Het is echter erg complex om dit te realiseren en is daarom niet de eerste keuze als oplossing om de problemen op te lossen.

D.3 Extra rek voor speciale onderdelen

Zoals eerder aangegeven kost het soms veel tijd voordat onderdelen uit het hoogbouwmagazijn zijn. In de huidige situatie is hier relatief weinig last van bij speciale onderdelen, omdat de andere stappen in dit bevoorradingsproces erg tijdrovend zijn. Echter wordt het wel een probleem als de andere stappen in het proces sneller gaan verlopen. De proces van het inregelen van onderdelen blijft dan toch lang duren, doordat de AGV op zich laat wachten. Door een extra rek toe te voegen op de werkvloer, met hierin bakken met speciale onderdelen. Kunnen deze onderdelen sneller gepickt worden.

Er moet eerst gekeken worden of de problemen met de AGV kunnen worden opgelost. Als dit niet het geval is, kan er naar deze oplossing gekeken worden. Als de AGV op verwachte snelheid presteert is een

dergelijk rek niet nodig en zou dit alleen maar onnodig ruimte innemen. Tevens moet dit rek ook weer bevoorraad worden, waardoor de gehele bevoorrading meer tijd in beslag zal nemen. Dit is niet wenselijk, dus zullen er eerst andere oplossingen overwogen worden.

D.4 Familiepallets

Voor alle lege bakken moet apart een pallet worden aangevraagd. Om dit te voorkomen, zouden onderdelen die samen gebruikt worden, ook samen op een pallet geplaatst kunnen worden. De onderdelen die in de bakken zitten, zullen tegelijk leeg zijn. Als de magazijnmedewerker deze bakken dan ophaalt en wil bijvullen, hoeft er voor de onderdelen maar één pallet besteld te worden. Dit scheelt tijd in de bevoorrading van de montagelijnen.

Het invoeren van familiepallets kan de bevoorrading sneller laten verlopen. Echter moet voordat deze oplossing kan worden toegepast, eerst gekeken worden naar de inhoud van de bakken en welke onderdelen er aan de montagelijnen zullen komen te liggen. De oplossing wordt daarom gedurende dit onderzoek niet doorgevoerd. Na het implementeren van de oplossingen die in hoofdstuk 5 genoemd zijn, kan nogmaals gekeken worden naar het invoeren van familiepallets.

Bijlage E – Berekeningen

In verband met vertrouwelijke informatie is deze bijlage afgeschermd.

Bijlage F – Gedetailleerde beschrijving onderdelen selectie

In paragraaf 5.1.2 is bepaald welke onderdelen er aan de montagelijnen moeten liggen en in welke hoeveelheden. In deze bijlage beschrijven we dit proces gedetailleerd voor één van de montagelijnen, de E-baan.

Over de E-baan kunnen in totaal 284 verschillende types afsluiters geproduceerd worden. We kijken naar de productie van het afgelopen half jaar. In dit half jaar zijn niet alle 284 types geproduceerd, daadwerkelijk geproduceerd zijn 121 types afsluiters.

De stuklijsten van deze types afsluiters verschillen. In de 121 types die het afgelopen half jaar zijn geproduceerd, zaten 132 verschillende onderdelen. Niet al deze onderdelen passen in de schappen aan de montagelijnen, daarom moeten we van deze 132 onderdelen een selectie maken, welke aan de montagelijnen moeten komen te liggen.

Van elk type afsluiter kunnen we zien hoe vaak ze het afgelopen jaar geproduceerd zijn. We kunnen hiervan een tabel maken. Hierin is weergegeven hoe vaak dit type afsluiter het afgelopen half jaar geproduceerd is en welk percentage van de totale productie, aan deze baan, dit is. We willen graag weten welke types afsluiters samen 80% van de productie vormen, zodat we hiervan de onderdelen aan de montagelijnen kunnen leggen. Daarom bepalen we het cumulatieve percentage van de totale vraag. Op basis hiervan kunnen wij de types afsluiters selecteren die 80% van de productie vertegenwoordigen. Dit is te zien in tabel 26.

Van de 284 types afsluiters, die over de E-baan geproduceerd kunnen worden, vertegenwoordigen 35 types, 80% van de productie.

De volgende stap is uit te zoeken welke onderdelen er in deze 35 types afsluiters zitten. Dit zijn 96 identieke onderdelen. In de eerste sectie van de schappen van de montagelijnen, passen 25 onderdelen en in de andere drie secties passen 26 onderdelen. Alle vier de secties zitten nog niet vol bij deze 96 onderdelen, zie tabel 27. Wij kunnen het

Sectie	Aantal onderdelen
1	24
2	22
3	25
4	25

Tabel 27 - Aantal onderdelen per sectie

percentage van de productie daarom

verhogen. Als we de types afsluiters nemen die samen 88% van de productie vormen, komen we aan het maximaal aantal onderdelen, dat we in de secties aan de montagelijnen kwijt kunnen. Dit zijn 99 onderdelen.

Artikelnummer	Aantal	Percentage van de totale productie	Cumulatief percentage
AAA01A3ABA060AA	527	14,40%	14,40%
ABA01A3ABA060AA	271	7,41%	21,81%
AAA01A3ABA060LA	247	6,75%	28,56%
AAA01A3ABA060EA	184	5,03%	33,59%
AAA01A3ABA060BA	169	4,62%	38,21%
AAA49A3AFA060AA	153	4,18%	42,39%
ABA22A3ABA060AA	131	3,58%	45,97%
AAA12A3ABA060AA	116	3,17%	49,14%
AAA49A3AFA060LA	104	2,84%	51,98%
AAA22A3ABA060AA	102	2,79%	54,77%
CAA01A3ABA060AA	85	2,32%	57,09%
BAA01A3AKA060HA	81	2,21%	59,31%
BAA01A3ABA060AA	58	1,59%	60,89%
BAA49A3AFA061AA	58	1,59%	62,48%
BBA01A3ABA060AA	56	1,53%	64,01%
BAA12A3ABA041AB	48	1,31%	65,32%
BAA49A3AFA060AA	48	1,31%	66,63%
CAA01A3ABA060EA	48	1,31%	67,94%
AAA16A3ABA060AA	44	1,20%	69,14%
BBA53A3AFA060AA	40	1,09%	70,24%
BAA01A3ABE060AA	34	0,93%	71,17%
BAA01A3AKA060AA	34	0,93%	72,10%
BAA12A3ABA060EA	34	0,93%	73,03%
AAA49A3AFA060EA	33	0,90%	73,93%
AAA01A3ABA070AC	32	0,87%	74,80%
BAA12A3ABE060AA	32	0,87%	75,68%
AAA12A3ABA080AC	28	0,77%	76,44%
BAA16A3ABA061AA	28	0,77%	77,21%
BAA49A3AFA051AB	28	0,77%	77,97%
BAA49A3AFP060AA	28	0,77%	78,74%
AAA01A3ABA060HA	27	0,74%	79,48%
BAA22A3ABA060AA	27	0,74%	80,21%

Tabel 26 - Geproduceerde afsluiters

Vervolgens moet voor deze onderdelen bepaald worden, in welke hoeveelheden ze aan de montagelijnen moeten komen te liggen. In tabel 28 zijn een aantal onderdelen te zien, die aan de E-baan liggen. Voor deze onderdelen is, aan de hand van de productiedossiers van het afgelopen half jaar, de gemiddelde vraag per maand bepaald. De bakinhoud is nu gebaseerd op het maximale aantal dat in een bak past, op basis van gewicht en volume. Het uitgangspunt is 2 bakken die maximaal gevuld zijn. Dit is terug te zien in de tabel.

Artikelen	Gemiddelde vraag per maand	Bakinhoud	Aantal keer bijvullen per maand	Aantal bakken
X810704002000	699	100	6,99	2
X810704182000	327	50	6,54	2
C341400603608	221	50	4,42	2
Y841100402641	62	25	2,48	2
S361311263637	112	60	1,87	2
X052100102500	243	200	1,22	2
S720000250000	44	50	0,88	2
X810704192000	43	50	0,86	2
P122400582633	16	32	0,50	2
S720099500000	9	30	0,30	2
S381321163633	2	12	0,17	2
Y741804650010	9	180	0,05	2
X222100050600	74	5000	0,01	2

Tabel 28 - Voorbeeldonderdelen uitgangspunt

We gaan nu de twee restricties toepassen. De eerste restrictie is het toevoegen van een extra bak, als onderdelen meer dan 1 keer per week moeten worden bijgevuld. We gaan uit van 21 werkdagen per maand. Dit zijn 4,2 werkweken. Dus als een onderdeel meer dan 4,2 keer moet worden bijgevuld, moet er een extra bak worden toegevoegd. Bij de E-baan houdt dit in dat bij 7 van de 99 onderdelen er een extra bak wordt toegevoegd.

De tweede restrictie halveert de inhoud van de bak, als de onderdelen minder dan één keer in de vier maanden moeten worden bijgevuld. Dit proces herhaalt zich, totdat het aantal keer bijvullen per maand groter is dan 0,25. Bij de E-baan is voor 34 van de 99 onderdelen de bakinhoud aangepast.

In tabel 29 is weergegeven hoe het aantal bakken en de bakinhoud voor de voorbeeldonderdelen zijn veranderd.

Artikelen	Gemiddelde vraag per maand	Bakinhoud	Aantal keer bijvullen per maand	Aantal bakken
X810704002000	699	100	6,99	3
X810704182000	327	50	6,54	3
C341400603608	221	50	4,42	3
Y841100402641	62	25	2,48	2
S361311263637	112	60	1,87	2
X052100102500	243	200	1,22	2
S720000250000	44	50	0,88	2
X810704192000	43	50	0,86	2
P122400582633	16	32	0,50	2
S720099500000	9	30	0,30	2
S381321163633	2	6	0,33	2
Y741804650010	9	23	0,39	2
X222100050600	74	156	0,47	2

Tabel 29 - Voorbeeldonderdelen na het toevoegen van de restricties

In tabel 30 is, voor de 99 onderdelen die aan de E-baan moeten komen te liggen, te zien, na hoeveel tijd een bak leeg is en moet worden bijgevuld.

Hoe vaak moeten de bakken worden bijgevuld	Aantal onderdelen
Eens per week	7
Eens per 2 weken	15
Eens per 3 weken	30
Eens per maand	30
Eens per 2 maand	10
Eens per 3 maanden	3
Eens per 4 maanden	4

Tabel 30 - Bijvulfrequentie

Bijlage G – Handleidingen

Handleiding: Logische schapindeling en bakinhoud

Deze handleiding beschrijft de acties die uitgevoerd moeten worden door Lean management om de schapindeling en bakinhoud te bepalen. Hij kan gebruikt worden voor Montagelijijn A, B, C en D. De stappen volgen elkaar op. De handleiding is verdeeld in verschillende delen. Vooraan elke deel staat genoemd wat het doel is en na het uitvoeren van de stappen staat beschreven wat het resultaat is.

Benodigdheden:

- 1) Isah
- 2) Excelbestand: *Bepaling_Onderdelen_Template*
- 3) Excelbestand: *Bepaling_Bakinhoud_Template*

1. Bepaal welke afsluiters er het afgelopen jaar geproduceerd zijn en hoe vaak deze geproduceerd zijn.

- 1) Maak de keuze voor welke Montagelijijn de schapindeling en bakinhoud bepaald gaat worden. Het onderzoek richt zich op de afgelopen 6 maanden. Ga hierbij uit van afgesloten maanden. (voorbeeld: Het is nu 6-7-2018, dan richt het onderzoek zich op 1-1-2018 t/m 30-6-2018.)
- 4) Open het bestand *Bepaling_Onderdelen_Template*. Sla dit opnieuw op en noem het *Bepaling_Onderdelen_MontagelijijnX_Jaar_Maand_Tot_Jaar_Maand* (de dikgedrukte onderdelen moeten worden aangepast).
- 2) Vraag aan werkvoorbereiding of zij een lijst kunnen opstellen met alle *artikelnummers* van afsluiters die over de desbetreffende montagebaan gaan.
- 3) Open Isah en ga naar *productiedossiers*. Er moeten dan parameters ingevuld worden, voor de status van de productiedossiers. Vul hier in: 0 t/m 99.
- 4) Filter de *Prod. startdatum* op de periode van 6 maanden. Open deze lijst in Excel en maak een tabel hiervan (Selecteer de hele lijst → ctrl + L).
- 5) De meeste kolommen zijn onnodig. Verwijder alle kolommen behalve: aantal en artikelnummer. Als het goed is, is kolom A nu gevuld met Aantallen en kolom B met Artikelnummers.
- 6) Kopieer de gegevens uit deze tabel naar Excelbestand in tabblad *Geproduceerde_Afsluiters*, weer in kolom A en B. Kopieer in kolom E de lijst met *artikelnummers* van de afsluiters, die werkvoorbereiding heeft aangeleverd.
- 7) In kolom C staat een functie die het artikelnummer kopieert als deze voorkomt in de lijst van werkvoorbereiding. Verwijder alle rijen waarvan in kolom C staat: #N/B. Dit is het eenvoudigst te doen door kolom C te filteren op #N/B. Hierna moet je rij E te verwijderen. vervolgens, verwijder je de gefilterde inhoud van de tabel door alle rijen te verwijderen. Als je nu ook kolom C verwijderd, ontstaat er een lijst met afsluiters die de afgelopen 6 maanden zijn geproduceerd.
- 8) Maak van deze lijst een draaitabel van de lijst, waarbij *Artikelnr* bij rijen staan en *Aantal* waarde.

- 9) Kopieer de lijst gegevens uit de draaitabel naar tabblad *Aantal_Stuks_Per_Afsluiter*. In deze tabel is per afsluiter aangegeven welk deel dit is van de gehele productie over deze montagelijijn.
- ➔ Er is nu een lijst gecreëerd met hierin alle geproduceerde afsluiters, het aantal stuks dat het afgelopen half jaar geproduceerd is en het percentage van de gehele productie van deze montagelijijn.

2. Bepaal welke onderdelen er zijn gebruikt om de afsluiters te produceren.

- 1) Open Isah en ga naar *productiedossiers*. Er moeten dan parameterwaarden ingevuld worden, voor de status van de productiedossiers. Vul hier in: 0 t/m 99.

- 2) Ga naar *artikelen* (links onder in beeld). Selecteer de optie *stuklijsten per artikelgroep*. Je moet nu 6 parameters invullen. De eerste vier zijn te zien in de afbeelding hiernaast. Vaak kan Isah het niet aan als er in één keer een bereik van 6 maanden wordt gevraagd. Verdeel de 6 maanden in stukjes en creëer voor elk stukje een stuklijst.

Parameterwaarden	
Vanaf artikelgroep	04
T/m artikelgroep	20
Vanaf productiestatus	00
T/m productiestatus	99
Vanaf startdatum	
T/m startdatum	

OK

- 3) Maak één Excelbestand waarin je de lijsten samenvoegt. Maak hier een tabel van.
- 4) De meeste kolommen zijn niet relevant. Deze gaan we weer verwijderen. De kolommen die je over moet houden zijn: Artikel, Omschrijving, Aantal. Datum benodigd en Artikelnummer productiedossier.
- 5) Niet alle onderdelen in de stuklijsten moeten aan de montagelijnen liggen. Verwijder de rijen waarin de omschrijving van de artikelen begint met : Body, seat, nameplate, coating, item en id. (tekstfilter ➔ begint met ...).
- 6) In de lijst die we hierna overhouden zitten veel productiedossier van afsluiters die niet over de gekozen baan kunnen. Kopieer de gegevens in het Excelbestand in tabblad *Benodigde_Onderdelen_100*. Kopieer ook de lijst met afsluiters het afgelopen half jaar over de geselecteerde baan geproduceerd konden worden.
- 7) In kolom F staat een functie die het artikelnummer kopieert als deze voorkomt in de lijst met geproduceerde afsluiters. Verwijder alle rijen waarvan in kolom C staat: #N/B. Dit is het eenvoudigst te doen door kolom F te filteren op #N/B. Hierna moet je rij H te verwijderen. vervolgens, verwijder je de gefilterde inhoud van de tabel door alle rijen te verwijderen. Als je nu ook kolom F verwijderd, ontstaat er een lijst met alle onderdelen die in de afsluiters zijn gebruikt.
- 8) Maak een draaitabel van de tabel die je overhoudt. Met *Artikel* bij rijen staan en *Aantal* waarde. Noem dit tabblad *Draaitabel_100*.
- 9) In deze lijst staan nog een aantal onderdelen die niet bij de montage aan de geselecteerde baan nodig zijn. Controleer samen met de magazijnmedewerker welke onderdelen nog meer uit de lijst verwijderd kunnen worden en verwijder deze in tabblad *Benodigde_Onderdelen_100*. Maak opnieuw een draaitabel. Noem dit tabblad *Draaitabel_100*. De oude kan verwijderd worden.

- 10) Er is nu een lijst gecreëerd met alle onderdelen die, het afgelopen half jaar tijdens de productie over de gekozen baan, zijn gebruikt. Vaak past dit niet in de baan dus gaan we kijken welke onderdelen er in 80% van de productie gebruikt zijn. We gaan terug naar tabblad *Aantal_Stuks_Per_Afsluiter*. Sorteer kolom C van hoog naar laag. Selecteer deze kolom vanaf de hoogste waarde, tot de som van de percentages gelijk is aan 80%. Kopieer de artikelnummers van de afsluiters die hierbij horen naar tabblad *Benodigde_Onderdelen_80* en kopieer de lijst met stuklijsten van tabblad *Benodigde_Onderdelen_100*.
- 11) Herhaal stap 7 en stap 8. Noem de nieuwe draaitabel *Draaitabel_80*. Deze lijst bevat alle onderdelen die in de afsluiters zitten die 80% van de productie zijn.
- 12) Als deze lijst minder dan 103 onderdelen bevat kan het percentage worden verhoogd en kan kunnen de bovenstaande stappen opnieuw worden uitgevoerd. Dit kan in tabblad *Benodigde_Onderdelen_XX*
- 13) Kopieer de artikelen naar tabblad *Vraag_per_Maand*. kopieer ook, uit tabblad *Benodigde_Onderdelen_100*, alle artikelen met bijbehorende aantallen en datum benodigd. Als laatste moet je nog per maand de eerste dag van de maand en de eerste dag van de volgende maand invoeren. Een voorbeeld in weergegeven in onderstaande afbeelding. Hier richt het onderzoek zich op de periode van 1 januari 2018 tot 30 juni 2018.

Van	1-1-2018	1-2-2018	1-3-2018	1-4-2018	1-5-2018	1-6-2018
Tot	1-2-2018	1-3-2018	1-4-2018	1-5-2018	1-6-2018	1-7-2018
Artikelen	Maand 1	Maand 2	Maand 3	Maand 4	Maand 5	Maand 6

Per onderdeel is nu bepaald hoeveel er per maand nodig waren.

- ➔ Er is nu een lijst gecreëerd met hierin alle onderdelen die het afgelopen half jaar gebruikt zijn in 80% of meer van productie. Dit is je lijst met geselecteerde onderdelen. Ook is de gemiddelde vraag hier al van bepaald.

3. Bepaal de inhoud van de bakken en het aantal bakken.

- 1) Voer deel 1 en 2 van de handleiding uit voor alle vier de banen.
- 2) Als voor alle montagelijnen bepaald is welke onderdelen er aan de lijn moeten liggen en in welke hoeveelheden deze het afgelopen jaar gebruikt zijn, kunnen deze lijnen worden samengevoegd. Dit gebeurt in bestand *Bepaling_Bakinhoud_Template*. Kopieer hierin de lijsten met onderdelen en de gemiddelde vraag per maand (kopieer alleen de waardes en niet de berekening hierachter). Per lijst die je toevoegt, moet je ook invullen om welke montagelijijn het gaat.
- 3) Geef de definitieve lijst met onderdelen, van elke montagelijijn, aan de magazijnmedewerker en laat hem bepalen hoeveel onderdelen en er maximaal in een bak passen (qua gewicht en formaat). Voer dit in, in kolom *Maximale bakinhoud*.

- 4) De kostprijs van de artikelen is te vinden in Isah. Open Isah en ga naar *Artikelen*. Kies in het dropdown menu voor *Artikelen met CP en VVP*. Open deze lijst in Excel.
 - 5) Kopieer uit de lijst de kolom met artikelnummers en VVP. Plak deze in het excelbestand *Bepaling_Bakinhoud_Template* in kolom K en L. De functie in kolom D en zorgt ervoor dat voor elk artikel de bijbehorende kostprijs wordt gezocht.
 - 6) De tabel berekend hoe vaak er gelopen moet worden en wat de waarde van de voorraad is. Alle onderdelen liggen nu in de maximale hoeveelheid, in 2 bakken aan de Montagelijijn. Nu gaan we de restricties toepassen. Voor alle artikelen waarvan het aantal keer bijvullen groter is dan 5 (filter *Aantal keer bijvullen* op van hoog naar laag), moet er aantal bakken verhoogd worden naar 3.
 - 7) Filter nu *Aantal keer bijvullen* op van laag naar hoog. Voor alle onderdelen waarbij het aantal keer bijvullen minder is dan 0,25, moet de maximale bakinhoud worden verlaagd, zodat het aantal keer bijvullen op 0,25 uitkomt. Het mag ook iets hoger zijn dan 0,25 als de bakinhoud dan een logische waarde aanneemt met betrekking tot bijvuleenheden.
 - 8) Onderaan de tabel wordt berekend wat de waarde van de voorraad is en hoe vaak er per maand gelopen moet worden. Controleer of het aantal keer bijvullen niet in strijd is met de capaciteit van de magazijnmedewerkers. Als dit het geval is moet er een mildere restrictie worden toegepast dan in stap 7 het geval was.
 - 9) Filter de lijst nu op Montagelijijnen van A tot Z. Dit is de definitieve lijst met welke onderdelen er aan de Montagelijijnen moeten en in welke hoeveelheden. De magazijnmedewerkers kunnen dit nu doorvoeren.
- ➔ Dit is de definitieve lijst met onderdelen en bijbehorende bakinhoud.