



**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

TRANSPORT BINNEN HET PRODUCTIEPROCES

DE OPTIMALISATIE VAN ROUTES VAN AFSLUITERS OP DE WERKVLOER BIJ HP VALVES

KOEN POORTEMA

TECHNISCHE BEDRIJFSKUNDE

UNIVERSITY OF TWENTE

31 AUGUSTUS 2018





TRANSPORT BINNEN HET PRODUCTIEPROCES

DE OPTIMALISATIE VAN DE ROUTES VAN AFSLUITERS OP DE WERKVLOER BIJ HP VALVES

AUTEUR

Koen Poortema
S1733850
k.poortema@student.utwente.nl
Bachelor Technische Bedrijfskunde

HP VALVES BV

Haaksbergerstraat 55
7550 LA Hengelo
Nederland
+31 (0)74 782 0000

UNIVERSITY OF TWENTE

Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede
Nederland
+31 (0)53 4899

BEGELEIDER HP VALVES BV

Hr. M. Hinsenveld
Vice-president

BEGELEIDING UNIVERSITY OF TWENTE

1^e begeleider - Dr. Ir. L.L.M. van der Wegen
2^e begeleider - Dr. P. Schuur
Behavioural Management and Social Sciences

Voorwoord

Voor u ligt het schriftelijk rapport 'Transport binnen het productieproces'. Dit rapport is geschreven ter afronding van de bacheloropleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente en in opdracht van HP Valves. In de periode februari 2018 tot juli 2018 heb ik bij HP Valves onderzoek mogen doen naar het inzichtelijk maken en optimaliseren van de routes die afsluiters afleggen op de werkvloer.

Tijdens het onderzoek heb ik genoten bij HP Valves en heb ik nieuwe ervaringen opgedaan. Dankzij goede begeleiding tijdens het onderzoek ben ik tot nieuwe inzichten gekomen en kijk ik positief terug op mijn afstudeerperiode. Ik hoop dat ik met dit onderzoek een positieve bijdrage kan leveren aan het continue verbeteren bij HP Valves en dat zij mijn aanbevelingen van harte in ontvangst nemen.

Ik wil HP Valves hartelijk bedanken voor de samenwerking gedurende de afgelopen tijd. Ik wil mijn begeleider, Marten Hinsenveld, bedanken voor de tijd die hij heeft vrijgemaakt om me op weg te helpen bij het onderzoek. Ook wil ik Monica Pibia en Dennis Mol bedanken, voor het meedenken en de ondersteuning die ze hebben geboden tijdens het onderzoek. Verder wil ik alle overige medewerkers bij HP Valves bedanken voor de prettige samenwerking en tijd die ze hebben vrijgemaakt om bij te dragen aan dit onderzoek.

Verder wil ik graag mijn begeleiding vanuit de universiteit bedanken. Ik wil Leo van der Wegen en Peter Schuur, mijn begeleider en meelezer, bedanken voor de goede begeleiding gedurende dit onderzoek door middel van feedback en adviezen.

Als laatste wil ik mijn familie en vrienden bedanken. Zij hebben een essentiële rol gespeeld in het behalen van dit resultaat.

Ik wens u veel leesplezier toe!

Koen Poortema

Enschede, augustus 2018

Samenvatting

Dit rapport richt zich op het transport van producten in de productielijn. Bij HP Valves is onderzoek uitgevoerd naar de routes die afsluiters afleggen in de fabriek, met als doel om een overzicht te krijgen van de verplaatsingen van elk type afsluiter. HP Valves maakt veel typen hogedruk-afsluiters die door (mogelijke) extra bewerkingen elk een eigen route door de fabriek afleggen. Deze verschillende bewerkingen zorgen ervoor dat er bij een aantal typen afsluiters veel transport nodig is in het productieproces.

HP Valves hanteert de strategie Lean management, waarbij het nastreven van de klantwaarde en het reduceren van verspillingen centraal staan. Transport is één van de vormen van verspilling. Verspillingen vertragen processen en zorgen voor inefficiëntie van het productieproces. De doorlooptijd van afsluiters is door de aanwezige verspillingen te lang, waarbij XXX% van de totale productie aan afsluiters in 2017 ook nog eens te laat bij de klant geleverd was. Overbodig transport op de werkvloer is hier een oorzaak van en aan de hand van acht deelvragen kan antwoord gegeven worden op de hoofdvraag van het onderzoek:

‘Hoe kan overbodig transport in de fabriek van HP Valves verminderd worden met als doel dat de productielijn efficiënter wordt?’

Gedurende het onderzoek is een probleemanalyse uitgevoerd om de verspillingen met betrekking tot transport te achterhalen. Uiteindelijk heeft dit geleid tot vijf oorzaken van het kernprobleem: *Het transport van afsluiters is inefficiënt*. In verband met de beperkte tijd van het onderzoek zijn de volgende drie oorzaken van inefficiënt transport verder geanalyseerd:

1. Veel onnodig transport aanwezig tijdens het inschuren
2. Er wordt veel tijd aan transport verspild voor de PMI en hardheidstest
3. HP light gates worden niet in één keer gemonteerd vanwege de lasbewerking

Voor oorzaak 1 is aan HP Valves een oplossing inclusief implementatieplan voorgelegd en voor oorzaken 2 en 3 zijn adviezen gegeven.

Veel onnodig transport aanwezig tijdens het inschuren

Het probleem waar de meeste aandacht naar is uitgegaan betreft het transportprobleem bij het inschuren van afsluiters. Inschuren is een bewerking die **7%** van de totale productie ondergaat. De bewerking inschuren wordt altijd tussen de soldeerbewerking en het monteren van de afsluiter uitgevoerd. De handelingen met betrekking tot transport in dit proces nemen gemiddeld **5,3 minuten** per afsluiter in beslag. De gemiddelde bewerkingstijd van een afsluiter is **22,8 minuten**. **De efficiëntie van transport bij het proces van inschuren is hierbij 76,75%.**

De oplossing voor het transportprobleem met inschuren is dat de bewerking op een andere locatie kan worden uitgevoerd. In de cabine waar momenteel gelept wordt staat een ongebruikte tafel en is er ruimte om werkborden voor alle benodigde materialen te plaatsen. Met een efficiëntere inrichting van deze cabine kan er zowel gelept als ingeschuurd worden in deze ruimte.

In cabine moet ervoor gezorgd worden dat de onderdelen voor het inschuren van de afsluiter aanwezig zijn, zodat de afsluiter niet langs het magazijn hoeft. Een groot bijkomend voordeel van het inschuren in de cabine is dat de rails van de CALDAN-baan langs de cabine komt. Door de CALDAN-baan, een hangend railsysteem in de fabriek, is het mogelijk om afsluiters na het solderen via deze baan bij de cabine te brengen. Vervolgens kunnen afsluiters bij de cabine worden ingeschuurd en kunnen ze daarna weer opnieuw aan de baan gehangen worden, om ze door te sturen naar de montagelijnen.

Omdat de CALDAN-baan een geautomatiseerd proces is en verder al het overige transport vermeden kan worden, zal de **efficiëntie van transport bij het inschuurproces stijgen tot 100%**. De cyclustijd van de bewerking inschuren is daarmee gedaald tot **17,5 minuten**. Door de inrichting van de lepcabine te veranderen in een efficiënte werkruimte voor zowel het leppen als het inschuren, is al het overbodige transport geëlimineerd. **De besparing hiervoor is op jaarbasis XXX uur**, gezien de huidige vraag van de klant.

Een belangrijke voorwaarde om de oplossing van het transportprobleem bij het inschuren te laten slagen, is het functioneren van de testbank op luchtdruk. HP Valves heeft een project opgestart om een testbank op luchtdruk te ontwikkelen. Wanneer deze testbank even betrouwbaar als de huidige testbanken, kan deze worden gebruikt in de lep- en inschuurcabine. Het is met betrekking tot ruimte en rendabiliteit niet mogelijk een huidige testbank voor de oplossing te gebruiken. HP Valves verwacht echter op korte termijn de testbank op de gewenste manier te laten functioneren.

Om de besparing te realiseren zal HP Valves ook een aantal investeringen moeten doen van ca. XXX. Wanneer al het benodigde interieur en materiaal is ingekocht, kan de werkruimte in één werkdag worden ingericht. Door middel van een voorgelegd implementatieplan is het mogelijk gewenste inrichting te realiseren. Het implementatieplan beschrijft de stappen die de efficiënte inrichting in de huidige lepcabine realiseert.

Tijdens de implementatie is het belangrijk dat alle betrokkenen zich er bewust van zijn wat het doel is van de veranderingen en wat het effect zal zijn op het proces. Wanneer HP Valves zich hieraan houdt zal de continue verbetering, die Lean management aandraagt, worden gehanteerd.

Er wordt veel tijd aan transport verspild voor de PMI en hardheidstest

De kwaliteitscontrole die tijdens het proces kan plaatsvinden (door aanvraag van de klant) bestaat uit een PMI test en een hardheidstest. Deze testen worden momenteel uitgevoerd in een cabine vooraan in de fabriek. Voor het aanwezige transport in dit proces is een tweeledige oplossing bedacht om zo tijd te besparen met het verplaatsen van afsluiters. De hardheidstest en PMI test kunnen elk apart uitgevoerd worden, ongeacht de volgorde. Er wordt dan ook geadviseerd beide testen bij andere stations in de fabriek uit te voeren. Het advies dat uit dit onderzoek volgt is om de hardheidstest bij het ophangpunt van de CALDAN-baan te integreren en de PMI test bij het inspectiepunt voor de spuitrij.

HP light gates worden niet in één keer gemonteerd vanwege de lasbewerking

Voor de lasbewerking die de HP Light gates ondergaan adviseren we de montage eerst volledig af te maken en daarna pas te lassen, hetgeen nu in twee etappes gebeurt met een tussentijdse lasbewerking. Gedurende het onderzoek is er getest of het lassen na de gehele montage plaats kon vinden; dit verliep zonder problemen. Na volledige montage kan er vervolgens gelast worden en moet er naast de afdeling ruimte komen waar afsluiters gekoeld kunnen worden. Vervolgens moet de CALDAN-baan op de juiste manier worden ingesteld, zodat afsluiters opnieuw kunnen worden opgehangen aan de CALDAN-baan en de afsluiter door kan naar de spuitrij.

Inhoudsopgave

Voorwoord	iii
Samenvatting.....	iv
Inhoudsopgave	vi
Woordenlijst	viii
1. Introductie	1
1.1 HP Valves	1
1.2 Aanleiding opdracht	2
1.3 Probleemidentificatie	3
1.3.1 Kernprobleem.....	3
1.3.2 Variabelen	6
1.4 Onderzoeksvragen.....	7
1.4.1 Hoofdvrage.....	7
1.4.2 Deelvragen.....	7
1.5 Betrokkenen	9
1.6 Afbakening.....	10
1.6.1 Restricties	10
1.6.2 Onderzoekresultaten	10
2. Theoretisch kader	11
2.1 Lean Management.....	11
2.1.1 House of Lean	12
2.1.2 De 8 verspillingen van Lean	13
2.1.3 Lean technieken	14
2.2 Methoden om verspillingen in kaart te brengen	16
2.2.1 Value Stream Mapping	16
2.2.2 Spaghetti-diagram	18
2.2.3 Time Value Map.....	19
2.2.4 Systematic Layout Planning.....	19
2.3 Conclusie	21
3. Huidige situatie wat betreft de verplaatsing van afsluiters	23
3.1 Productieproces	23
3.1.1 Beschrijving productieproces	23
3.1.2 Flowchart productielijn	25
3.2 Transport	29
3.2.1 Indeling fabriek.....	29

3.2.2 Spaghetti-diagram	30
3.3 Conclusie	33
4. Probleemanalyse van verspillingen met betrekking tot transport.....	34
4.1 Probleemkluwen	34
4.1.1 Problemen	35
4.1.2 Oorzaken	36
4.2 Verspillingen in kaart brengen	37
4.2.1 Time Value Map inschuren.....	37
4.2.2 Value Stream Mapping	39
4.3 Efficiëntie en besparing.....	41
4.4 Conclusie	42
5. Oplossingen en implementatie	43
5.1 Mogelijke oplossingen.....	43
5.1.1 Oplossing inschuren	43
5.1.2 Besparing inschuren	48
5.1.3 Kosten en baten analyse	50
5.2 Overige adviezen	51
5.2.1 Lassen	51
5.2.2 Kwaliteitscontrole.....	52
5.3 Implementatieplan	54
5.3.1 Aanpak.....	54
5.3.2 Stappenplan.....	55
5.3.3 Controle en evaluatie	57
5.4 Conclusie	58
6. Conclusie en discussie	59
6.1 Conclusie	59
6.2 Discussie	61
Bibliografie	62
Appendices	a
Appendix A: Protocol systematisch literatuur onderzoek.....	a
Appendix B: Concept matrices	c
Appendix C: Overzicht afsluiters 2017	f
Appendix D: Indeling fabriek	g
Appendix E: Spaghetti-diagrammen.....	h
Appendix F: Overzicht bewerkingen per type afsluiter.....	i
Appendix G: Alternatieve oplossingen voor het inschuren.....	j

Woordenlijst

5S: Sorteren (seiri), schikken (seiton), schoonmaken (seiso), standaardiseren (seiketsu) en standhouden (shitsuke).

AGV (Automatic Guided Vehicle): Zelfsturende robotkar die pallets op kan pikken van en naar het magazijn.

BOM (Bill of Materials): Een lijst die per product beschrijft uit welke onderdelen het product is opgebouwd, inclusief de benodigde aantallen per onderdeel

BOO (Bill of Operations): Een lijst die per product beschrijft welke bewerkingen het product ondergaat in chronologische volgorde.

CALDAN-Baan: Hangend railsysteem dat producten kan vervoeren in losse eenheden en bestuurd kan worden door een ERP system.

CI (Continuous improvement): Continue verbetering

Cyclustijd: gemiddelde tijd tussen het gereed maken van 2 producten.

DMAIC-cyclus (Define-Measure-Analyse-Improve-Control): Methode van Lean om processen te verbeteren.

Doorlooptijd: De tijdsperiode tussen het plaatsen van een order door de klant en het moment waarop het gevraagde product aan de betreffende klant wordt afgeleverd.

Gloeien: Bewerking die na het lassen plaatsvindt om de inwendige spanningen te verminderen zonder dat de sterkte, hardheid en structuur verandert.

House of Lean: Raamwerk van Lean die structuur biedt om Lean Management te implementeren in een organisatie.

Inschuren van een afsluiter: Bewerking waarbij de binnenkant van de afsluiter wordt bijgeschuurd om de bijhorende afsluitklep te laten passen op de behuizing.

Leppen: Machinale bewerking waarbij de binnenkant van de afsluiter wordt bijgeschuurd om de bijbehorende afsluitklep te laten passen op de behuizing.

MO-F lijn: Montagelijijn van HP Light afsluiters, inclusief de lasmachine.

MOV (Motor operated Valves): Motorbediende afsluiter.

PDCA-cyclus (Plan-Do-Check-Act): Geeft het principe van continue verbetering weer en wordt gevormd door de facetten van Plan-Do-Check-Act.

Pick-to-light: Systeem dat door middel van lampjes aangeeft welke onderdelen nodig zijn.

POV (Pneumatic operated Valves): Pneumatisch bediende afsluiter.

Ruimen: Bewerking voor afsluiters waarbij de zitting na het vacuüm solderen wordt bijgeschaafd.

Taktijd: Het tijdbestek waarin de vraag van de klant geproduceerd moet worden. De taktijd van een product is afhankelijk van de klantvraag en de beschikbare productietijd.

1. Introductie

In het kader van de afronding van mijn bacheloropleiding Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente zal ik onderzoek gaan doen bij HP Valves B.V. (verder aangeduid met HP Valves) te Hengelo. Het doel van dit onderzoek wordt in dit hoofdstuk beschreven. Het hoofdstuk begint met een korte introductie van HP Valves (1.1) en vervolgens zal de aanleiding van het onderzoek duidelijk worden (1.2). Daarna volgt de probleemidentificatie (1.3), waar het kernprobleem en de variabelen vorm krijgen. Met deze stappen is het probleem in kaart gebracht en kunnen we de hoofdvraag stellen. Vervolgens definiëren we alle bijbehorende deelvragen die het onderzoek af zullen dekken (1.4). Daarna beschrijven we de betrokkenen van dit onderzoek zodat duidelijk is wie de belanghebbenden zijn (1.5). Om dit hoofdstuk af te sluiten lichten we de afbakening van dit onderzoek toe waarin alle restricties naar voren komen (1.6). Ook de belangrijkste doeleinden die dit onderzoek, gezien de vastgestelde restricties, gaat opleveren zijn hierin verwerkt.

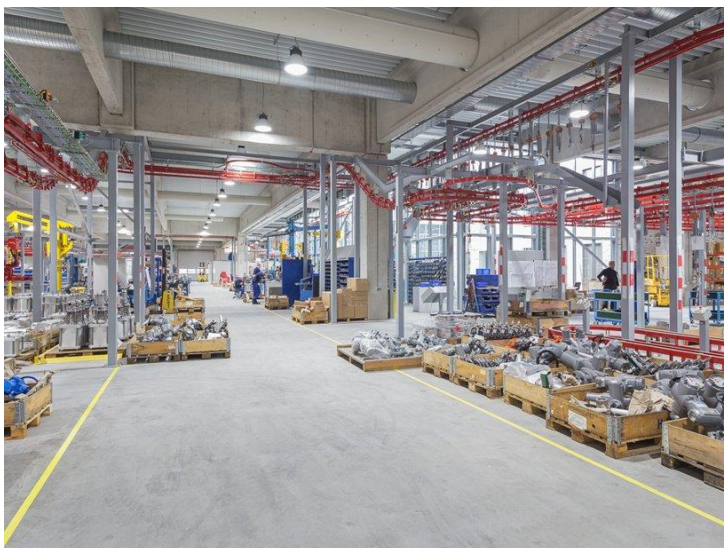
1.1 HP Valves

HP Valves is een productiebedrijf dat gespecialiseerd is in het maken van verschillende typen afsluiters. Het bedrijf produceert vooral hogedruk afsluiters voor afnemers in de energie-industrie, verspreid over de hele wereld. In afbeelding 1 is een voorbeeld te zien van een afsluiter. De productie van afsluiters is vraaggestuurd; HP Valves produceert op basis van de vele specificaties die de klant van tevoren kan opgeven. Door dit hoge aantal specificaties heeft HP Valves een hoge variëteit aan afsluiters.

HP Valves is in 1981 opgericht. Het bedrijf is als een spin-off uit staalgieterij Dijkers ontstaan, waarbij vanaf het begin de focus lag op het uitbreiden van design en kwaliteit van stalen afsluiters. Het bedrijf is inmiddels gevestigd in Hengelo, waar het in 2016 naar toe is verhuisd. De fabriek van HP Valves stond voorheen in Oldenzaal, maar vanwege de groei van het bedrijf was de verhuizing naar een nieuwe, zelf ontworpen, fabriek een grote stap vooruit. Momenteel is HP Valves een dochteronderneming van Indutrade AB (HP Valves, 2018).



Afbeelding 1: Hoge-drukafsluiter



Afbeelding 2: Fabriek HP Valves met CALDAN-baan

Om voort te borduren op de groei van HP Valves, is naast de werkvloer ook de strategie gedurende de afgelopen jaren veranderd. Sinds 2007 hanteert HP Valves de managementfilosofie 'Lean' in haar bedrijfsstrategie. Lean Management is erop gericht om continu bezig te zijn verspillingen uit de weg te ruimen en puur alleen hetgeen te behouden dat uiteindelijk waarde heeft voor de klant. HP Valves heeft met de nieuwbouw van de fabriek een aantal projecten uitgevoerd, gebaseerd op Lean, die nu grote invloed hebben op het huidige productieproces.

Een van deze projecten van HP Valves is de CALDAN-Baan, die is geïmplementeerd in de nieuwe fabriek, te zien in afbeelding 2. Aan deze baan worden afsluiters hangend vervoerd vanaf de montage tot en met de expeditie-afdeling. Door middel van het eraan gekoppelde ERP-systeem, genaamd Isah, weet de zelfsturende CALDAN-baan precies waar welke soort afsluiter naar toe moet worden vervoerd. De invoering van deze baan heeft de productiestroom veranderd naar single-piece-flow vanaf het montageproces, wat betekent dat producten per losse eenheid worden bewerkt.

Naast het aangepaste productieproces, hebben er ook veranderingen plaatsgevonden op basis van montage en automatisering. Een voorbeeld hiervan is het pick-to-light systeem dat sinds kort is geïntroduceerd. Dit systeem zorgt ervoor dat monteurs alleen maar de bakjes met lichtjes hoeven te volgen om te weten welke onderdelen ze nodig hebben. Dit heeft de doorlooptijd in de Montagelijnen flink versneld en gezorgd voor minder variatie in de doorlooptijd. Ook worden er zeer binnenkort 'Automatic Guided Vehicles' (AGV) gelanceerd in de fabriek. Dit zijn transportvoertuigen die goederen automatisch kunnen verplaatsen met aansturing van Isah.

Isah, het ERP-systeem van HP Valves, speelt in deze projecten een essentiële rol. De data die in Isah zijn opgeslagen maken het mogelijk om processen volledig aan te sturen. De automatisatie in het proces zou veel tijd en werkdruk moeten besparen. Op de werkvloer wordt dit echter nog niet zo ervaren en zijn er nog enkele problemen in het huidige productieproces aanwezig. Een oorzaak hiervan is dat de veranderingen van HP Valves veel aandacht en tijd in beslag hebben genomen, waardoor er sinds de verhuizing minder aandacht naar de kleinere problemen van de productielijn is uit gegaan.

1.2 Aanleiding opdracht

Door de verhuizing naar Hengelo die HP Valves heeft ondergaan is er veel veranderd in het productieproces. Het productieproces is veranderd op een aantal belangrijke aspecten en daarbij is ook de inrichting van de fabriek anders dan voorheen. Tijdens de verhuizing heeft HP Valves nagestreefd om zoveel mogelijk verspillingen, volgens de principes van Lean, tegen te gaan.



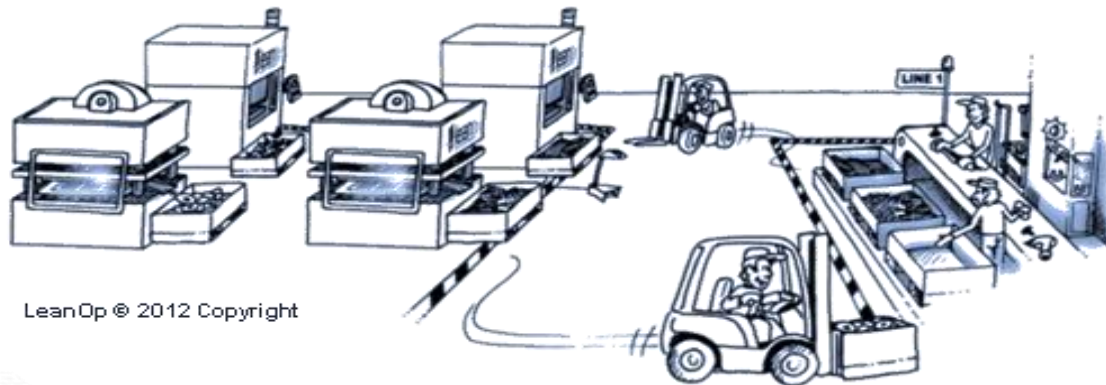
Afbeelding 3: Productie afdeling fabriek

De indeling voor de nieuwe fabriek die uiteindelijk is neergezet heeft samen met de grote projecten die zijn geïmplementeerd veel tijd en aandacht gekost. Na deze intensieve veranderingen is het productieproces nog niet helemaal verfijnd; de productiestroom is nog niet zo efficiënt als gewenst. Na anderhalf jaar te produceren in de nieuwe fabriek vermoedt HP Valves dat er nog een aantal grote verspillingen in het productieproces aanwezig zijn. Deze verspillingen zijn overbodige handelingen die geen waarde toevoegen aan het proces. Dit leidt tot extra kosten en bovendien verlengt het de doorlooptijd van een afsluiter.

Dit onderzoek richt zich op het reduceren van de verspillingen met betrekking tot de inrichting van de werkvloer. HP Valves heeft mij de vrijheid gegeven zelf rond te kijken en onderzoek te doen waar de problemen op het gebied van inefficiënte inrichting liggen. Door middel van eigen waarnemingen op de werkvloer in combinatie met gesprekken en interviews met managers, afdelings-hoofden en werknemers op de werkvloer is er één duidelijke verspilling naar voren gekomen: *transport*.

1.3 Probleemidentificatie

Zoals in paragraaf 1.2 beschreven zal de verspilling ‘transport’ de meeste prioriteit hebben in dit onderzoek (afbeelding 4). In deze paragraaf lichten we de probleemstelling toe en kunnen we vervolgens hier een kernprobleem uit afleiden (1.3.1). Vervolgens definiëren we de daarbij behorende variabelen die het kernprobleem meetbaar maken (1.3.2).



Afbeelding 4: Transport als verspilling (Skhmat, 2017)

1.3.1 Kernprobleem

Een grote verspilling die zich voordoet, met name in de afdelingen productie en montage, is transport. HP Valves produceert een hoge diversiteit aan afsluiters voor haar klanten. De klant kan, inclusief alle maten en bewerkingen, wel uit meer dan 10.000 verschillende afsluiters kiezen. Deze hoge variëteit maakt het productieproces zeer complex. In figuur 1 is het proces dat elke afsluiter doorloopt systematisch weergegeven.

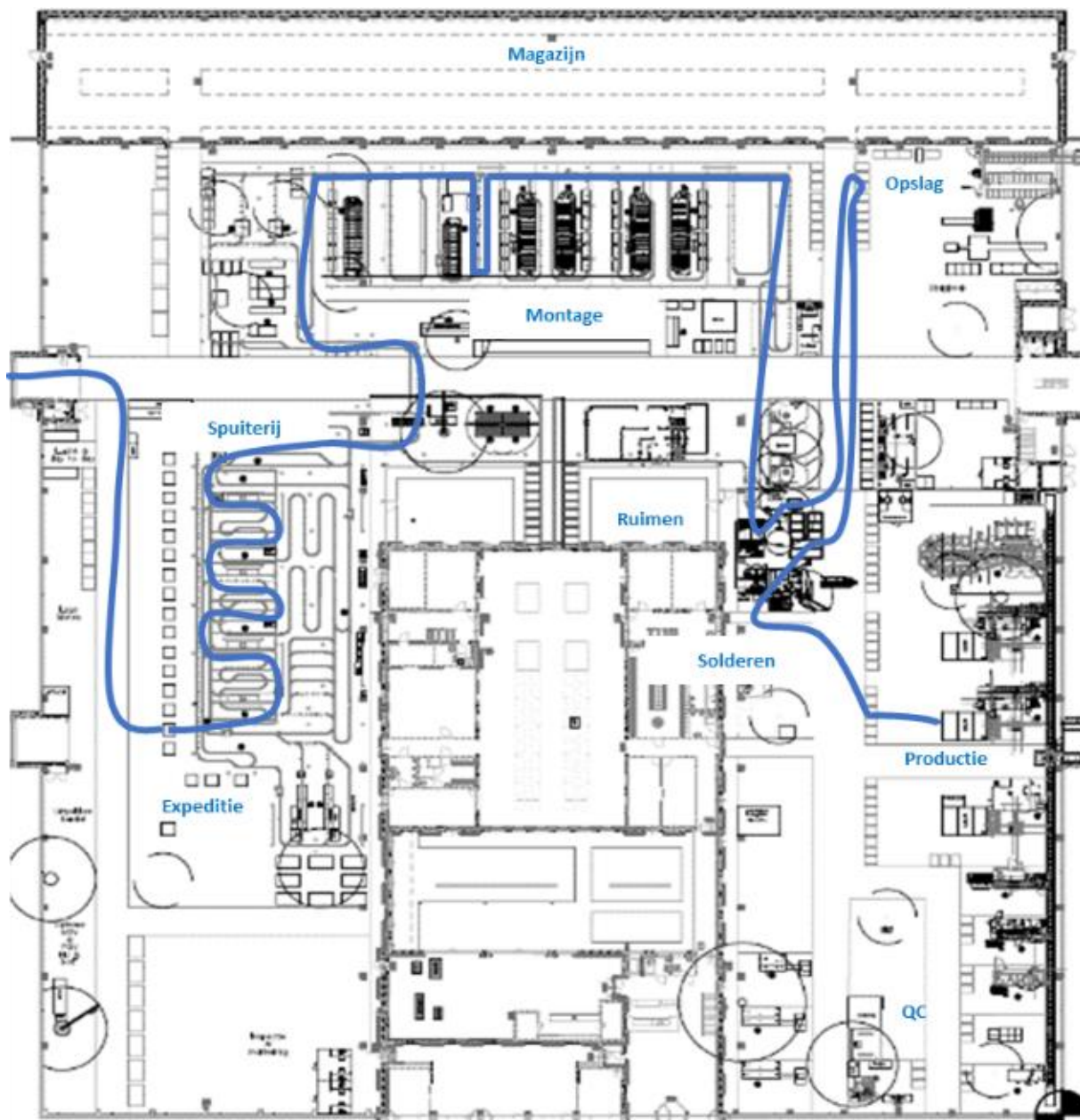


Figuur 1: Systematische weergave productieproces standaard bewerkingen

Het proces dat in figuur 1 is weergegeven, is van toepassing op ongeveer 90% van de totale productie van alle afsluiters. Dit zestal processen is dus in veel gevallen standaard. Een bewerking die opvalt en wellicht niet gelijk bekend is, is de bewerking ‘ruimen’. Ruimen is een aanvullende bewerking op het soldeerproces en wordt verder toegelicht in paragraaf 3.1, waar een uitgebreide beschrijving van het proces staat.

In grote lijnen leggen de meest voorkomende afsluiters een relatief efficiënte route af. De doorlooptijd van alle afsluiters is gemiddeld 29 dagen. Bekend is ook dat de productie vaak ruim vooruit produceert zodat er speling in het proces komt, maar waardoor ook de afsluiters voor een lange periode opgeslagen moeten worden. Om dit te illustreren is de route van een ‘standaard’ type afsluiter getekend aan de hand van de plattegrond van de fabriek. Dit is weergegeven in figuur 2.

Alle stappen die geïdentificeerd zijn in de schematische weergave zijn in figuur 2 ook duidelijk te zien. Na de eerste drie stappen van het productieproces (productie, solderen en ruimen) worden de afsluiters naar een tijdelijke opslagruimte vervoerd. Vervolgens moeten deze afsluiters ook weer terug vervoerd worden, omdat ze aan de CALDAN-baan moeten worden gehangen zodat ze naar montage kunnen. Het beginpunt van deze CALDAN-baan is gevestigd naast de tafel waar momenteel geruimd wordt. De CALDAN-baan stuurt afsluiters naar de bijbehorende montagelij. Na montage gaat de afsluiter de spuiterijcabine in en vervolgens naar expeditie.



Figuur 2: Route standaard type afsluiter

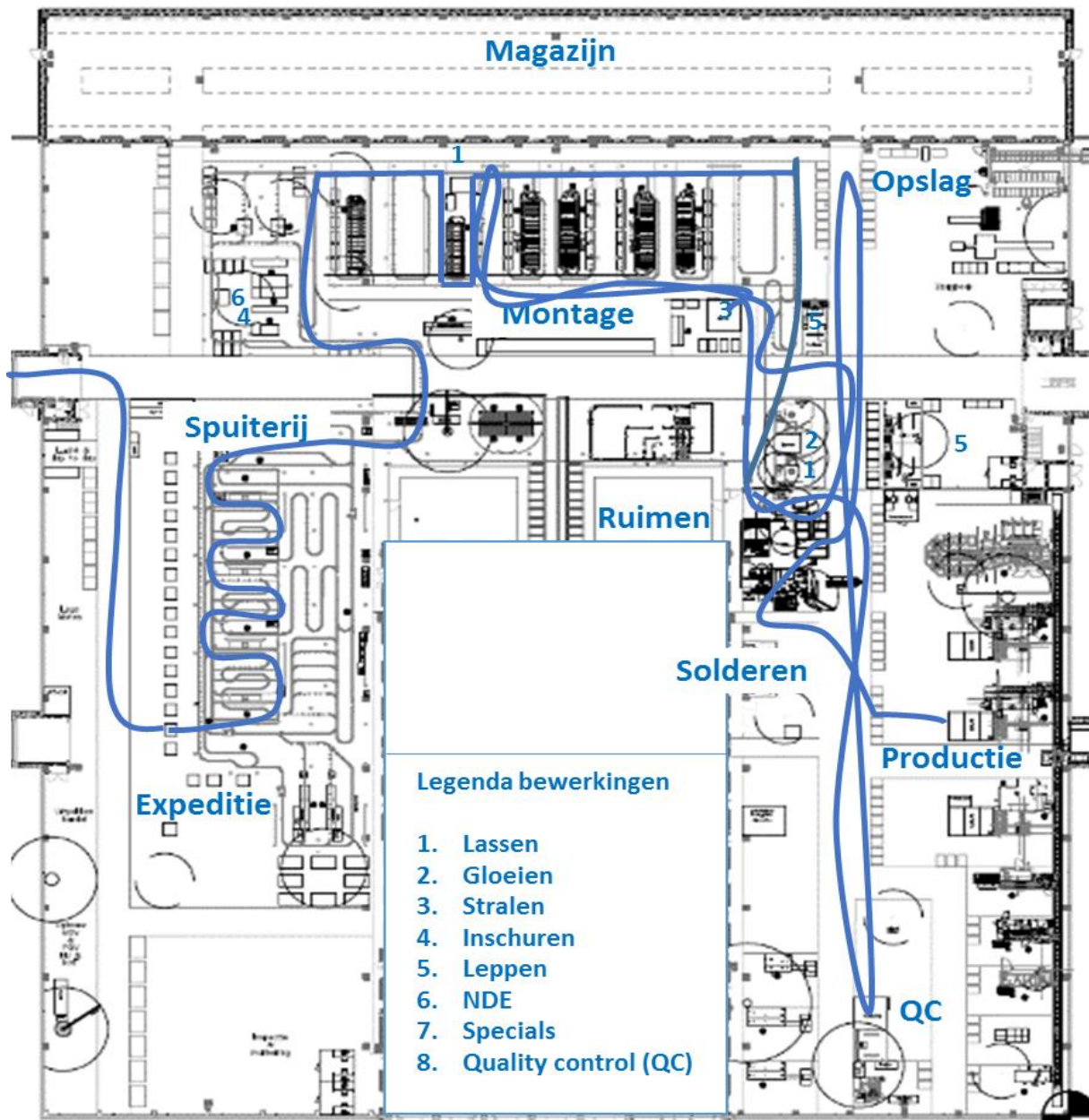
De minder vaak geproduceerde afsluiters blijven echter langer ronddwalen in de fabriek. Dit komt doordat deze afsluiters hun eigen typerende bewerkingen hebben (lassen, stralen, inschuren etc.) die het proces erg onoverzichtelijk maken in de fabriek. Het percentage 'speciale' afsluiters dat deze extra bewerkingen ondergaat komt neer op ongeveer 10% van de totale productie van alle afsluiters. Om het verschil in het proces aan te duiden met de standaard typen afsluiters, is het globale productieproces van deze afsluiters weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Systematische weergave productieproces van afsluiters met aanvullende bewerkingen

De bewerkingen solderen en ruimen zijn in figuur 3 onderdeel van het proces bewerkingen. Er zijn namelijk een aantal afsluiters die niet gesoldeerd en/of geruimd worden. Om een beeld te krijgen wat het productieproces van dit soort afsluiters ingewikkelder maakt, is ook hiervan een voorbeeld weergegeven. In figuur 4 zijn ten opzichte van figuur 2, ook de bewerkingen bijgevoegd inclusief een

legenda van alle mogelijke bewerkingen van een afsluiter. Als voorbeeld is een type afsluiter gevolgd met een straal- en een lasbewerking. Omdat de lascabine bij de montagelijijn is geplaatst moet de afsluiter een extra keer heen en weer vervoerd worden omdat er bij het ophangpunt nog een materiaaltest moet worden gedaan. Daarna kan hij pas aan de baan worden gehangen en komt hij vervolgens weer op dezelfde route als de rest van de afsluiters uit. De complexiteit speelt zich dus vooral af op de afdelingen productie en montage.



Figuur 4: Route 'speciale' afsluiter

Wanneer er onnodige handelingen in het productieproces plaatsvinden, zorgt dat voor een langere doorlooptijd. Overbodig transport is een van de oorzaken van een lange doorlooptijd van producten. Uit de data van HP Valves kan worden gehaald hoeveel afsluiters die geproduceerd worden te laat klaar zijn. Dit is voor elke maand in 2017 weergegeven in figuur 5. Gemiddeld was in 2017 XXX% van de afsluiters van de gehele productie te laat klaar. De gegevens uit figuur 5 zijn nogmaals in tabelvorm weergegeven in Appendix C.

Vanwege vertrouwelijke informatie is figuur 5 afgeschermd.

Het percentage afsluiters dat te laat klaar is moet lager van HP Valves. HP Valves wil graag als een betrouwbare leverancier worden gezien en wanneer tijdig aan de vraag van de klant wordt voldaan bevordert dat de relatie met de klanten. Een belangrijke oorzaak van het vaak laat leveren van afsluiters is dat het transport van afsluiters op dit moment inefficiënt verloopt. Dit resulteert in overbodige routes, een te lange doorlooptijd en uiteindelijk onnodige kosten. Het transport van afsluiters binnen de fabriek zal hierom dan ook de hoogste prioriteit hebben in dit verslag.

Als kernprobleem voor dit onderzoek is er gekozen voor het volgende probleem:

‘Het transport van afsluiters in de fabriek van HP Valves is inefficiënt’

1.3.2 Variabelen

In het kernprobleem komt het begrip efficiëntie duidelijk naar voren. De definitie van efficiëntie wordt door Ensie gegeven als volgt: ‘doelmatigheid, het grootst mogelijke resultaat of de grootst mogelijke uitwerking met of uit een gegeven kracht, middel of toestand’ (Ensie, 2017). Bij alle handelingen die uitgevoerd moeten worden in het proces, drukt de efficiëntie het hoogst haalbare rendement uit. De universiteit van Cambridge voegt hieraan toe dat ‘efficiëntie het juiste gebruik van tijd en energie is op een manier dat het geen verspillingen oplevert’ (Cambridge University Press, 2018). Om efficiëntie te bepalen, zal dus moeten beoordeeld of handelingen in een proces al of niet vermijdbaar zijn.

Met betrekking tot het onderzoek zal de efficiëntie uitgedrukt moeten worden in termen van transport. De afstand die een afsluiter in het huidige proces aflegt leggen we tegenover de afstand die minimaal benodigd is. Hierbij wordt gekeken naar de toegevoegde waarde van handelingen en transporten en ook de niet toevoegende waarde van bepaalde handelingen.

De volgende formule zal de belangrijkste variabele zijn voor het onderzoek:

$$\begin{aligned} & \text{Efficiëntie van transport afsluiter} \\ &= \left(1 - \frac{\text{Tijd van handelingen met betrekking tot transport}}{\text{Tijd van alle handelingen van het proces}} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

Door alleen de waardetoevoegende handelingen uit te voeren, wordt de efficiëntie maximaal. Transport is een verspilling in het productieproces, dus zal dat zoveel mogelijk uit het proces moeten worden gehaald. De indicatoren voor dit onderzoek zijn de transporttijden per afsluiter van elke handeling. Wanneer niet-waardetoevoegende handelingen verwijderd worden uit het proces zal dat namelijk de efficiëntie verhogen.

1.4 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de probleemidentificatie kunnen we onderzoeksvragen opstellen. Deze onderzoeksvragen bestaat uit één hoofdvraag met daarbij behorende deelvragen. In 1.4.1 formuleren we de hoofdvraag van het onderzoek en in 1.4.2 vormen we de deelvragen die bijdragen aan het antwoord op de hoofdvraag.

1.4.1 Hoofdvraag

Aan de hand van het vastgestelde kernprobleem worden de oorzaken van dit probleem geanalyseerd en wordt er gekeken naar een oplossing om zoveel mogelijk verspillingen, met betrekking tot transport, te elimineren. De hoofdvraag van dit onderzoek is als volgt:

‘Hoe kan overbodig transport in de fabriek van HP Valves verminderd worden met als doel dat de productielijn efficiënter wordt?’

1.4.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te beantwoorden zal een aantal deelvragen moeten worden beantwoord. Dit zijn de volgende acht deelvragen, verdeeld over vier deelgebieden. Per deelvraag beschrijven we de belangrijkste stappen om tot het antwoord van de deelvraag te komen.

1) Methodes van Lean op basis van de literatuur

- a. *Wat is Lean management?*
- b. *Hoe kunnen de methoden Value Stream Mapping en spaghetti-diagram van toepassing zijn om de verspillingen als gevolg van transport in kaart te brengen*

Om de eerste deelvraag te beantwoorden voeren we een literatuuronderzoek uit naar de principes van Lean. Lean management is gedurende het curriculum al in beperkte mate voorgekomen, maar er is nog niet genoeg informatie verkregen over de manier waarop het van toepassing kan zijn op het onderzoek. Vandaar dat we met de eerste deelvraag een overzicht van de belangrijkste facetten van Lean management willen verzamelen. Vervolgens gaan we dieper in op de methoden en technieken van Lean management en beschrijven we enkele technieken die geacht worden van nut te zijn gedurende het onderzoek (a).

Met de kennis die van tevoren al beschikbaar was is nagenoeg zeker dat de methoden spaghetti-diagram en Value Stream Mapping kunnen worden gebruikt voor het onderzoek. Deze methoden bestuderen we door middel van het literatuuronderzoek en daarmee kunnen we de methoden ook daadwerkelijk toepassen gedurende het onderzoek. Er is ook gekeken welke andere methoden van toepassing kunnen zijn. We nemen daarom ook twee andere methoden in beschouwing die getipt zijn om te gebruiken tijdens het onderzoek: Time Value Mapping en Systematic Layout Planning. Door deze methoden te vergelijken kunnen we zien welke methoden bruikbaar zijn om verspillingen in de vorm van transport aan te pakken (b).

2) Huidige situatie wat betreft de verplaatsing van afsluiters bij HP Valves

- a. *Hoe ziet de productielijn van HP Valves er nu uit?*
- b. *Hoe ziet de verplaatsing van afsluiters op de werkvloer er nu uit?*

Door deze vraag te beantwoorden geven we een beeld van de huidige situatie van HP Valves. Het productieproces wordt beschreven en zal systematisch worden uitgedrukt in een flowchart. Deze flowchart zal ook het verschil in type afsluiters duidelijk maken. De nadruk bij deze flowchart zal dan ook vooral liggen op het productieproces vanaf de machinale productie

tot en met de montage. De flowcharts kunnen worden gemaakt door middel van een eigen blik op de werkvloer, in combinatie met de informatie uit interviews met medewerkers in de fabriek, afdelingsmanagers en managers uit het managementteam (a).

Vervolgens gaan we ons verdiepen in het transport van de afsluiters binnen de fabriek. De routes van afsluiters brengen we in kaart via de methoden uit het literatuuronderzoek. Met behulp van spaghetti-diagrammen analyseren we de huidige route van afsluiters. Hierbij verkrijgen we een overzicht van de afstanden die elk type afsluiter overbrugt in de fabriek (b).

3) Probleemanalyse van verspillingen met betrekking tot transport

- a. Wat zijn problemen in het transport van afsluiters op de werkvloer?*
- b. Wat zijn de oorzaken van deze problemen?*

Met het antwoord op deze deelvragen zijn alle problemen uit het huidige proces met betrekking tot transport geanalyseerd. De huidige situatie wat betreft het transport van afsluiters is bij deelvraag 2b) geïdentificeerd. Vervolgens kunnen we hieruit de huidige verspillingen halen. Deze verspillingen worden in de vorm van problemen in een kluwen verwerkt, zodat we de relaties tussen de problemen kunnen achterhalen. De informatie die verwerkt is uit interviews met zowel monteurs als managers nemen we ook mee in de probleemkluwen (a).

Uit de probleemkluwen identificeren we de achterliggende oorzaken achter de problemen (b). De belangrijkste problemen gaan we vervolgens analyseren. Dit zijn de problemen waarbij het meest onnodige transport plaatsvindt. Door onderzoek te doen op de werkvloer naar alle handelingen kunnen we de waardetoevoegende tijd onderscheiden van de niet-waardetoevoegende tijd. Hiervoor analyseren we met name de tijd die betrekking heeft op het transport in de processen. Ook passen we de techniek Value Stream Mapping toe, om naast alle stappen van het proces ook de gemiddelde wachttijd en voorraad tussen elke stap te analyseren (b).

4) Aanbevelingen voor HP Valves om transport te verminderen

- a. Hoe kunnen de verspillingen met betrekking tot transport aangepakt worden?*
- b. Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves om het transport efficiënter te maken?*

Door deze deelvragen te beantwoorden kunnen we HP Valves oplossingen voorleggen om de gevonden problemen met betrekking tot transport te verhelpen. Er zal met hulp van de werknemers een oplossing komen voor problemen waar veel onnodig transport plaatsvindt. Door de verhoging in efficiëntie uit te rekenen kunnen we de beoogde besparing ook uitrekenen (a). Mochten we meerdere geschikte oplossingen voor een probleem vinden, zal de oplossing met de meeste besparing gekozen worden.

Door de oplossingen aan HP Valves voor te stellen kiezen we vervolgens in overleg één probleem waar we een implementatieplan voor schrijven. Voor dit probleem werken we de bedachte oplossing uit in een stappenplan, die doorlopen moet worden om de oplossing te realiseren. Zowel tijdens het bedenken van de oplossingen als het maken van het implementatieplan houden we rekening met de restricties van dit onderzoek, beschreven in paragraaf 1.6 (b).

1.5 Betrokkenen

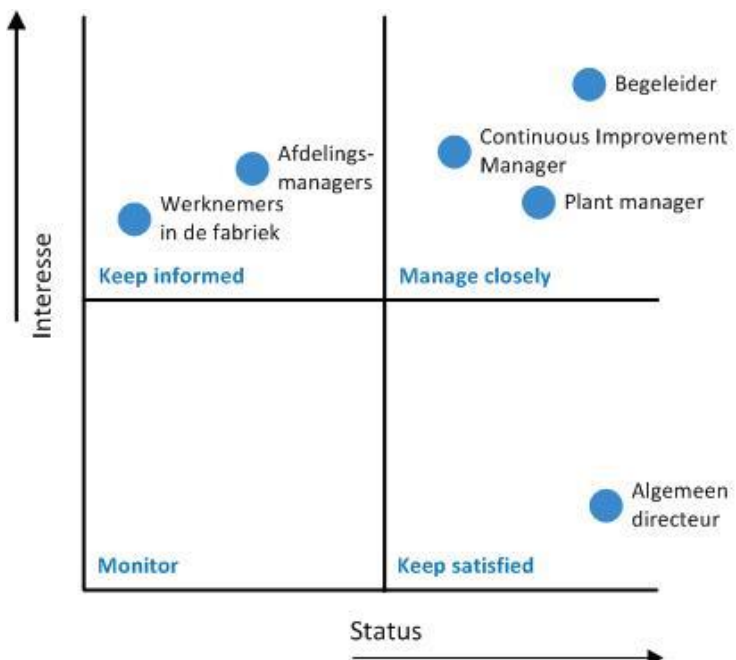
Dit onderzoek kent een aantal betrokkenen die een belangrijke rol kunnen spelen in het proces. Dit zijn vele werknemers van HP Valves, die elk een eigen rol hebben in het bedrijf. Het probleem doet zich voor op meerdere afdelingen en hierdoor zal de oplossing afgestemd moeten zijn op een groot deel van de werknemers in het bedrijf.

Mijn begeleider, Marten Hinsenveld, is de belangrijkste betrokkene. Hij is vice-directeur bij het bedrijf en verantwoordelijk voor mijn opdracht. Bij hem kan ik terecht voor vragen en informatie over HP Valves. Hij heeft de meeste interesse in een succesvolle oplossing. Vervolgens heb ik nog twee andere managers die ik ook veel ga tegenkomen gedurende dit onderzoek. Dit zijn de plant manager en de Continuous Improvement manager. Zij hebben ook belang bij mijn opdracht. De plant manager heeft namelijk de verantwoordelijkheid over alles wat er gebeurt op de werkvloer, en de Continuous Improvement manager heeft zijn eigen projecten om HP Valves te verbeteren op basis van de methodes van Lean.

In de fabriek zelf zijn er verschillende afdelingen, elk voorzien van een afdelingsmanager. Deze afdelingen zijn machinale productie, montage, magazijn, expeditie en kwaliteitscontrole. Omdat ik de routes van afsluiters in kaart breng in deze afdelingen van de fabriek, zal ik veel te maken hebben met deze managers. De werknemers in de fabriek hebben eveneens belang bij mijn opdracht. Deze medewerkers in de fabriek zijn onder andere productiemedewerkers, monteurs en kwaliteitsinspecteurs. Wanneer het transport van afsluiters verminderd kan worden, zijn zij degenen die minder hoeven te lopen.

Tijdens het uitvoeren van mijn opdracht is het belangrijk om mijn opdracht goed af te stemmen met alle betrokkenen. Iedereen moet op de hoogte worden gebracht van wat mijn opdracht is en iedereen moet overtuigd zijn dat mijn mogelijke oplossing de beste is gezien de situatie. De interesses van alle betrokkenen moeten afgewogen worden op basis van hun status in het bedrijf en hun interesses. Om dit overzichtelijk te maken is in figuur 6 te zien welke betrokkene het meeste invloed heeft op mijn opdracht.

De directeur van HP Valves zal zich niet bemoeien met mijn opdracht en hem hoef ik daarom ook niet op de hoogte te houden tenzij de situatie er specifiek om zal vragen. De werknemers in de fabriek houd ik wel op de hoogte van mijn vooruitgang tijdens het onderzoek. Met de vice-directeur, de afdelingsmanagers en de Continuous Improvement- en plant manager zal ik de meeste interactie hebben gedurende het onderzoek. Ik zal met hen de meeste gesprekken voeren en zij hebben ook belang bij het eindresultaat van mijn opdracht.



Figuur 5: Diagram van betrokkenen

1.6 Afbakening

In deze paragraaf lichten we de restricties van het onderzoek toe (1.6.1) en bepalen we de verwachte onderzoeksresultaten (1.6.2).

1.6.1 Restricties

Om de verwachtingen van dit onderzoek duidelijk af te bakenen zijn er een aantal restricties en eisen gesteld door HP Valves, de universiteit en mijzelf. Dit heeft als doel om in de beperkte tijd van het onderzoek er zoveel mogelijk uit te halen.

Vanuit HP Valves gezien zijn er een aantal restricties met betrekking tot de mogelijkheden die HP Valves biedt. De werkvloer heeft een bepaalde ruimte waarin het productieproces ingericht kan worden. Een aantal machines staan verankerd in de fabriek en een verplaatsing hiervan zou te veel geld kosten. Voorbeelden hiervan zijn de productiemachines en de testbanken die momenteel in de fabriek te vinden zijn. Ook de CALDAN-baan die boven alle Montagelijnen vast zit kan bijvoorbeeld niet worden verschoven. De beperkte flexibiliteit van dit soort machines moet worden meegenomen in de probleemanalyse en de uiteindelijke oplossing.

Er zal dus gekeken worden naar machines, karren en apparaten en processen die flexibel zijn. Vooral het rendement ten opzichte van de grootte van de verspilling is doorslaggevend of een handeling verplaatst kan worden of niet. Wanneer de verplaatsing van een proces wel het transport zal verminderen, maar het tegen torenhoge kosten aanloopt, heeft het voor HP Valves geen nut de verandering door te voeren. Dit zal ook een rol spelen in het onderzoek.

Transport heeft de prioriteit in dit onderzoek. Handelingen worden geanalyseerd op de toevoegende waarde van de transporttijd. De gevonden problemen zullen wel allemaal in het kader van transport geïdentificeerd worden, maar tijdens het creëren van oplossingen wordt er ook rekening gehouden met eventuele andere verspillingen. Mochten er nog andere verspillingen dan transport kunnen worden verminderd, dan zal de oplossing en het bijbehorende implementatieplan zich daar ook op focussen.

Voor dit onderzoek zal enkel het transport van huizen van de afsluiters geanalyseerd worden. Dit houdt in dat er geen losse onderdelen en binnengekomen afsluiters van zusterbedrijven worden meegenomen in het onderzoek. Ook wordt de afdeling expeditie in de fabriek buiten beschouwing gelaten. Bij de afdeling expeditie is te weinig speling qua verplaatsing van transport mogelijk. Bovendien loopt er inmiddels een project om deze afdeling beter in te delen dus heeft dat overlap met dit onderzoek. Dit onderzoek heeft daarom geen toegevoegde waarde op de afdeling expeditie.

1.6.2 Onderzoeksresultaten

In overleg met de universiteit en HP Valves is afgesproken dat dit onderzoek de volgende resultaten op gaat leveren:

- i. Een overzicht van de routes die alle afsluiters afleggen in de fabriek.
- ii. Een advies met daarin de beste aanpak voor het reduceren van transport.
- iii. Een implementatieplan om een probleem met betrekking tot transport te verminderen en de productielijn efficiënter te maken.

2. Theoretisch kader

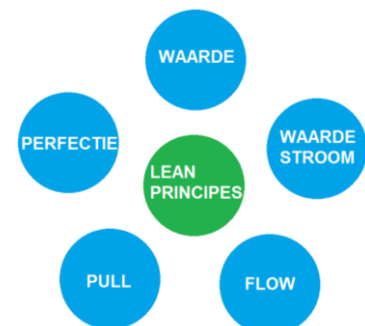
Om de eerste deelvraag te kunnen beantwoorden zal de literatuur geraadpleegd worden. Dit hoofdstuk omvat het theoretisch kader van het onderzoek en zal antwoord geven op de vragen: 'Wat is Lean management?' en 'Hoe kunnen de methoden Value Stream Mapping en spaghetti-diagram van toepassing zijn om de verspillingen van transport in kaart te brengen?' Voorafgaand aan dit onderzoek is er al enige kennis over Lean Management bekend. Met deze opgedane kennis kunnen we vaststellen dat de methoden Value Stream Mapping en spaghetti-diagram geschikte methoden zijn voor het onderzoek. Voor deze methoden is voor elk een literatuurstudie uitgevoerd, stapsgewijs beschreven in Appendix A.

In dit hoofdstuk gaan we verder in op Lean management en beschrijven we enkele belangrijke technieken (2.1). In paragraaf 2.2 worden de methoden Value Stream Mapping en spaghetti-diagram uitgelegd. Vervolgens geeft paragraaf 2.3 nog een overzicht van alle behandelde methoden. Dit overzicht maakt duidelijk welke methoden in het onderzoek gebruikt kunnen worden.

2.1 Lean Management

Lean management is in de afgelopen jaren uitgegroeid tot een vaak gebruikte managementstrategie bij veel bedrijven. De focus van de filosofie 'Lean' ligt op het verminderen van verspillingen, het verbeteren van de waarde voor de klant en de mensbetrokkenheid in een organisatie (Haider & Mirza, 2015). Het doel van Lean is, volgens het Lean Enterprise Instituut; het maximaliseren van de klantwaarde en tegelijk het minimaliseren van verspillingen (Bicheno & Holweg, 2009).

Lean is gericht op de continue verbetering van processen. Zo is er geen einddoel die bereikt kan worden omdat het altijd beter zou moeten kunnen, in principe. Lean heeft veel methoden die bijdragen om deze denkwijze ook daadwerkelijk te kunnen uitvoeren binnen een organisatie. Binnen deze methoden staan altijd een aantal elementen centraal. Deze elementen, ook wel principes genoemd, worden dan ook gezien als de vijf principes van Lean (Bicheno & Holweg, 2009):



Afbeelding 5: 5 principes van Lean (Leanthinking, sd)

1. CREËER WAARDE VOOR DE KLANT

Het eerste principe van Lean houdt in dat je als product- of dienstleverancier moet kijken naar de waarde die je levert voor de klant, en niet vanuit eigen perspectief. De lean filosofie hanterende moet de focus liggen op wat de klant belangrijk vindt en wat voor hem of haar wenselijk is. Op deze wensen van de klant moet de onderneming in spelen en vanuit hier kunnen er beslissingen worden genomen op strategisch niveau zoals de prijs/kwaliteit-verhouding of levertijd.

2. IDENTIFICEER DE WAARDESTROOM

Met een identificatie van de waardestream wordt het proces van een organisatie volledig in kaart gebracht. De hele supply chain wordt hierbij in beschouwing gekomen. Het kan hier bijvoorbeeld gaan om het proces vanaf inkoop tot aan levering bij de klant of van een productconcept tot aan de daadwerkelijke lancering op de markt. Het niveau van de waardestream is zo goed als de zwakste schakel in deze keten. Door de waardestream in kaart te brengen kunnen snel waardetoevoegende handelingen onderscheiden worden van niet-waardetoevoegende handelingen.

3. ZORG VOOR FLOW IN DE WAARDEKETEN

Het derde principe van Lean legt de nadruk op het creëren van een goede flow gedurende het proces. Het gaat hierom dat voorraden en wachtrijen zo klein mogelijk worden en dat alle obstakels in dit proces worden verwijderd. Een goede inrichting van een werkruimte is dus erg van belang volgens dit principe. Door in plaats van batches in eenheden te produceren ontstaat er een ideale flow. Deze flow staat bekend als one-piece-flow.

4. CREËER PULL

Bij Lean gaat het erom te reageren op de klant en dat alleen geopereerd wordt wanneer het nodig is. Volgens het 'pull' principe gaat het erom dat een proces in gang wordt gezet vanaf het moment dat er om gevraagd wordt en geen moment eerder. Op deze manier worden voorraden vermeden en is het dus ook mogelijk een soepele flow in je proces te creëren.

5. STREEF NAAR PERFECTIE

Uiteindelijk draait alles om perfectie. Als alle voorgaande principes op een juiste manier gehanteerd worden ontstaat er telkens een nieuwe, verbeterde situatie. Door middel van continue verbetering wordt er gestreefd naar het leveren van het perfecte product op het perfecte moment, op de perfecte locatie, voor de perfecte prijs, zonder verspillingen.

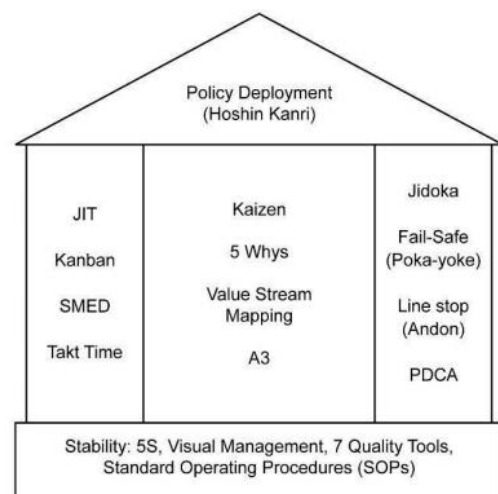
2.1.1 House of Lean

Om de 5 principes van Lean te bereiken zijn er veel methoden ontwikkeld die als hulpmiddel fungeren om toe te werken naar perfectie. De hulpmiddelen hiervoor zijn samengevoegd in het zogenaamde 'House of Lean', weergegeven in afbeelding 6. The House of Lean laat duidelijk zien hoe methoden de basis vormen om uiteindelijk Lean te implementeren. Het dak van het huis is waar je uiteindelijk naar toe wil. *Hoshin Kanri* is een Japanse term die staat voor doelstelling en controle (Bicheno & Holweg, 2009).

Verder is het House of Lean als volgt ingericht: het Lean Management dat een organisatie uitvoert, wordt ondersteund door twee pilaren. In afbeelding 6 staan aan de zijkanten de linker pilaar (gebaseerd op het Just-In-Time principe), en de rechter pilaar (gebaseerd op Jidoka, automatisatisch inbouwen van kwaliteit). Deze pilaren staan voor respectievelijk flow en kwaliteit. De flow pilaar links, ook wel de 'Go' pilaar genoemd, zorgt voor een flow in het proces en maakt gebruik van het pull principe om voorraden zo klein mogelijk te houden. De rechterpilaar wordt ook wel bestempeld als de 'Stop' pilaar en zorgt dat de kwaliteit in het proces verbeterd wordt (Bicheno & Holweg, 2009).

Tussen de pilaren in staan methoden die als technieken worden gebruikt om verspillingen in kaart te brengen. Dit zijn methoden waarmee perfectie kan worden nagestreefd en er continu op zoek wordt gegaan naar een verbetering van het proces.

De stabiliteit van het gehele House of Lean vloeit voort uit de operationele werkwijzen die het mogelijk maakt de methoden van het huis te gebruiken. Zonder deze methoden kan er geen gebruik gemaakt worden van Lean Management. Dit zijn methoden die ervoor zorgen dat er structuur is binnen een organisatie, dat er continu voldoende aanvoer van materiaal is en dat procedures gestandaardiseerd worden (Bicheno & Holweg, 2009).



Afbeelding 6: The house of Lean (Bicheno & Holweg, 2009)

In paragraaf 2.1.3 lichten we nog enkele technieken toe uit het House of Lean. Dit zijn technieken die gevonden zijn door het literatuuronderzoek en van waarde worden geacht voor het onderzoek. Dit zijn de methoden: One piece flow, Kaizen, 5S en Lean Six Sigma.

2.1.2 De 8 verspillingen van Lean

Een andere belangrijke karakteristiek van Lean Management is dat Lean nastreeft om verspillingen te minimaliseren. Verspillingen moeten voorkomen worden en moeten waar mogelijk uit het proces worden gehaald. Het is belangrijk om dit bij alle werknemers duidelijk te krijgen, zodat zij zoeken naar de mogelijkheden om de verspilling te verwijderen (Larkin, 2005). Om onderscheid te maken tussen de verschillende soorten van verspilling zijn er acht verschillende categorieën van verspillingen. In deze paragraaf lichten we elke vorm van verspilling kort toe (Theisens, 2016):



Afbeelding 7: 8 Verspillingen van Lean (In1Go, 2014)

1. Overproductie

Wanneer er meer wordt geproduceerd dan benodigd ontstaat er overproductie. De productie van grote batches is hier vaak een grote valkuil. Overproductie wordt gezien als de ergste vorm van verspilling, want het veroorzaakt vaak veel andere vormen van verspilling. Zo ontstaat er bijvoorbeeld een onnodige voorraad, die ook weer opgeslagen moet worden waar beweging voor benodigd is.

2. Wachten

Wanneer producten of processen stilstaan gedurende het proces, staan ze in de wacht. Wachten kan ontstaan in de vorm van het wachten op goedkeuring van het product of dat producten niet behandeld kunnen worden door een gelimiteerde werkcapaciteit. Dit soort vormen van wachten zorgt voor een langere doorlooptijd van het proces en kan dus worden gezien als verspilling.

3. Transport

Het transport tussen twee handelingen wordt ook gezien als verspilling. In een operatie heeft het voor de klant geen waarde waar het product bewerkt wordt, dus is elke vorm van transport een verspilling. Transport zorgt namelijk voor extra kosten zonder dat het waarde toevoegt. Bovendien ontstaat er een risico dat het product beschadigd raakt onderweg.

4. Overbewerking

Bij overbewerking wordt er meer werk uitgevoerd dan door de klant is aangegeven. De klant heeft bepaalde eisen waar hij voor wil betalen, dus alleen die zou het product moeten bevatten. Al het andere waar de klant geen behoefte aan heeft, kan worden gezien als verspilling en kost extra materiaal, geld en bewerkingstijd.

5. Voorraad

Zoals al eerder beschreven maakt Lean gebruik van het pull principe, waar geproduceerd wordt als reactie op de klant. Hierbij zijn voorraden van ruw materiaal of half gemaakte producten overbodig en zorgt het voor stagnatie in het proces. Onnodige voorraden zijn ook een oorzaak van de verspilling wachten.

6. Beweging

Waar transport refereert naar de verplaatsing van een product of dienst, wordt met beweging aangeduid de beweging van werknemers tussen alle benodigde handelingen. Het zoeken van informatie wordt hierbij ook meegerekend als beweging. Bewegingen voegen niks toe aan een product of dienst dus dit is ook een verspilling die zo min mogelijk aanwezig zou moeten zijn.

7. Correctie

Producten die defect of incompleet zijn kunnen niet aan de klant geleverd worden. In dit soort gevallen moet er vaak nog iets gerepareerd worden of iets toegevoegd. Dit kost extra tijd en er moet een afweging gemaakt worden of het een reparatie of dienstaanvulling waard is voor het desbetreffend product.

8. Talent

Talent is de laatste vorm van verspilling. Het gaat hierbij om het juiste gebruik van talent van werknemers. Het zorgen dat iedereen werkt naar zijn mogelijkheden is een belangrijk aspect en wanneer dit niet het geval is ontstaat er ook verspilling. Ook het opleiden en geven van trainingen speelt hierbij een rol (Theisens, 2016).

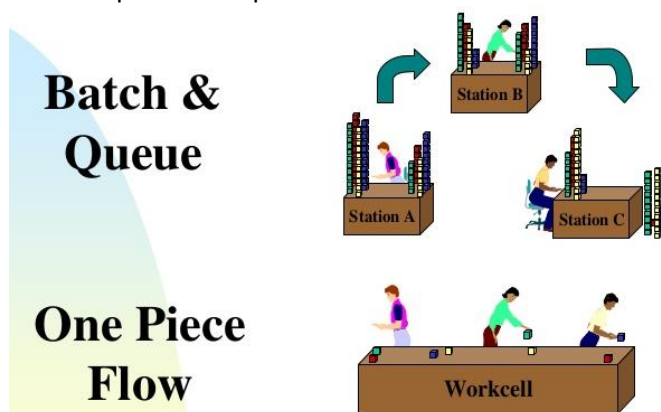
2.1.3 Lean technieken

Het House of Lean, beschreven in paragraaf 2.1.1, bevat veel technieken die gebruikt kunnen worden om verspillingen aan te tonen. In deze paragraaf beschrijven we enkele technieken uit het House of Lean die zijn opgemerkt tijdens het literatuuronderzoek en van toepassing kunnen zijn gedurende de opdracht. De methoden die we uitleggen zijn: One piece flow, Kaizen, 5S en Lean Six Sigma.

One piece flow

Een methode van Lean management is het creëren van one piece flow. Deze methode is al eerder genoemd in paragraaf 2.1.1, waarbij duidelijk is dat het creëren van flow een belangrijke principe is van Lean management. Het creëren van goede flow, oftewel doorstroom, kan worden bereikt met one piece flow. Met one piece flow wordt bedoeld dat producten niet in ladingen geproduceerd worden maar per enkel product. Dit zorgt ervoor dat er een continue stroom van producten ontstaat en er minder delen van de productielijn stilstaan. Met een continue stroom ontstaan er geen golven in het productieproces. Hierdoor kan beter ingespeeld worden op de marktvraag.

Het invoeren van een one piece flow verlaagt dus de werkdruk op één specifiek punt in het proces en reduceert daardoor de doorlooptijd (Horbal, Kagan & Koch, 2008). In afbeelding 8 is het verschil tussen het produceren in batches en one piece flow weergegeven. In de afbeelding is te zien dat bij het 'batch & queue' proces de voorraden, wachttijden, handelingen en benodigde ruimte allemaal meer is dan in het 'one piece flow' proces.



Afbeelding 8: Batch flow vs one piece flow (Bainbridge Graduate Institute, 2012)

Desalniettemin is het invoeren van one piece flow in het proces niet altijd voordeliger. Wanneer een handeling een bepaalde omsteltijd nodig heeft kan het efficiënter zijn om met meerdere producten tegelijk te werken. Bij machinale productieprocessen is dit vaak het geval. Bedrijven kunnen in een productielijn daarom ook delen opsplitsen in een batchgedeelte en deel waar one piece flow wel is ingevoerd.

Kaizen

Kaizen wordt gebruikt om de processtappen los van het geheel te onderscheiden en te kijken naar specifieke verbeteringen in die stap. Kaizen betekent letterlijk: 'veranderen om te verbeteren, continue verbetering'. Een belangrijke techniek die vooral bij Kaizen wordt gebruikt, is het maken van Plan-Do-Check-Act cycli, oftewel PDCA cyclussen. Met deze cycli worden vier denkstappen continu herhaald en biedt het de mogelijkheid continue verbetering te handhaven (Theisens, 2016).



Afbeelding 9: PDCA cyclus
(AllAboutLean, 2016)

5S

Een techniek uit de fundering van het House of Lean is het gebruiken van 5S. De methode 5S is een middel om betrokkenen op de werkvloer zich bewust te laten zijn van hun werkomgeving. Een opgeruimde werkplek leidt tot overzicht, rust en focus. Dit zal er indirect voor zorgen dat de productiviteit zal verhogen wanneer 5S wordt toegepast. De vijf S'en van deze methode zijn als volgt (Bicheno & Holweg, 2009):



Afbeelding 10: 5S (Arko-mils, 2017)

Sort

Behoud in de werkruimte datgene dat nodig is.

Set

Ruim de dingen op een manier op dat je ze snel kunt vinden.

Shine

Houd de werkruimte schoon.

Standardize

Doe zoveel mogelijk handelingen op dezelfde werkwijze.

Sustain

Houd deze werkwijze vol met wilskracht en toewijding.

Inmiddels wordt ook vaak deze methode 6S genoemd, aanvullend door de 6e S van Safety (Veiligheid). Deze dient ertoe dat men een veilige werkplek creëert om ongelukken en blessures te voorkomen.

Lean Six Sigma

De methodologie Lean Six Sigma is een combinatie van Lean management en Six Sigma. Lean is uitvoerig beschreven in paragraaf 2.1. Lean is een verbetermethode die zich vooral focust op klantwaarde en continue verbetering. Six Sigma daarentegen is een methode die gericht is op het creëren van zo min mogelijk variatie in de output van processen. Op deze manier ontstaat er een constante hoge kwaliteit en een zorgvuldig proces. Om deze hoge kwaliteit te behalen wordt er veel gebruik gemaakt van data. Wanneer er hoge variatie in levertijden zit worden de oorzaken onderzocht.

Om deze twee methoden te combineren is Lean Six Sigma ontworpen. Bij deze combinatie van Lean en Six Sigma vullen de methoden elkaar aan. Samen leggen ze de focus op wat de klant echt belangrijk vindt en tijden van processen kunnen met behulp van data berekend worden.

Een belangrijke projectmethodiek binnen Lean Six Sigma is de DMAIC cycle (afbeelding 11), wat staat voor *define, measure, analyze, improve and control*. Deze cyclus wordt door kleine groepen teams doorlopen om uiteindelijk stapsgewijs continue verbetering uit te voeren (Slack, Brandon-James & Johnston, 2016).



Afbeelding 11: DMAIC cyclus
(Knudson, 2013)

2.2 Methoden om verspillingen in kaart te brengen

In deze paragraaf lichten we verschillende methoden toe om verspillingen in processen te vinden. De lean methoden Value Stream Mapping (2.2.1) en spaghetti-diagram (2.2.2) worden duidelijk uitgelegd met behulp van de literatuurstudie die is uitgevoerd. Vervolgens lichten we nog twee andere methoden toe die tijdens het onderzoek getipt zijn door begeleiders om te gebruiken voor het onderzoek. Dit zijn de methoden Time Value Map (2.2.3) en systematic layout planning (SLP) (2.2.4).

2.2.1 Value Stream Mapping

Om de verspillingen in een productieproces te elimineren heeft Lean Management een aantal technieken. Value Stream Mapping is één van deze technieken. Value Stream Mapping is een techniek die gefocust is op het vinden van de waardestroom van het gehele productieproces. Deze methode heeft als doel de doorlooptijd van een product of dienst te verminderen en de daarbij behorende verspillingen te verwijderen (Theisens, 2016). Bij Value Stream Mapping wordt vaak een geheel proces in één figuur gevisualiseerd. Value Stream Mapping brengt namelijk het hele supply chain netwerk van een organisatie in kaart en naast materiaalstromen worden ook alle informatiestromen bijgehouden (Braglia, Carmignani & Zammori, 2006).

Om Value Stream Mapping toe te passen moeten er een aantal stappen worden doorlopen. Aan de hand van de volgende vier stappen zal duidelijk worden hoe Value Stream Mapping toegepast kan worden (Theisens, 2016):

1. Value stream scope

In de eerste fase van Value Stream Mapping wordt het proces dat onderzocht gaat worden vastgesteld. Elke handeling of activiteit wordt hierin in beschouwing genomen en er moet een duidelijk begin- en eindpunt gedefinieerd worden. Daarnaast omvat deze fase een beschrijving van het werkplan en het vaststellen van alle parameters die van belang zijn in het proces. Deze parameters worden gebruikt om de processen in de waardestroom te kwantificeren.

2. Current state map

In deze fase wordt de huidige situatie gevisualiseerd. Om een relevante 'map' te krijgen is er door (Theisens, 2016) een stappenplan opgesteld:

1. Breng de vraag van de klant in kaart
2. Breng de productietijd in kaart
3. Breng de productiestroom en voorraad in kaart
4. Voeg materiaalstromen toe tussen de processen
5. Voeg datavakken toe met de huidige informatie
6. Voeg informatiestromen toe
7. Voeg stromen van ruwe materialen en goederen toe
8. Voeg een tijdlijn met wachttijden en cyclustijden per handeling toe
9. Bepaal de waardetoevoegende tijd van elke handeling

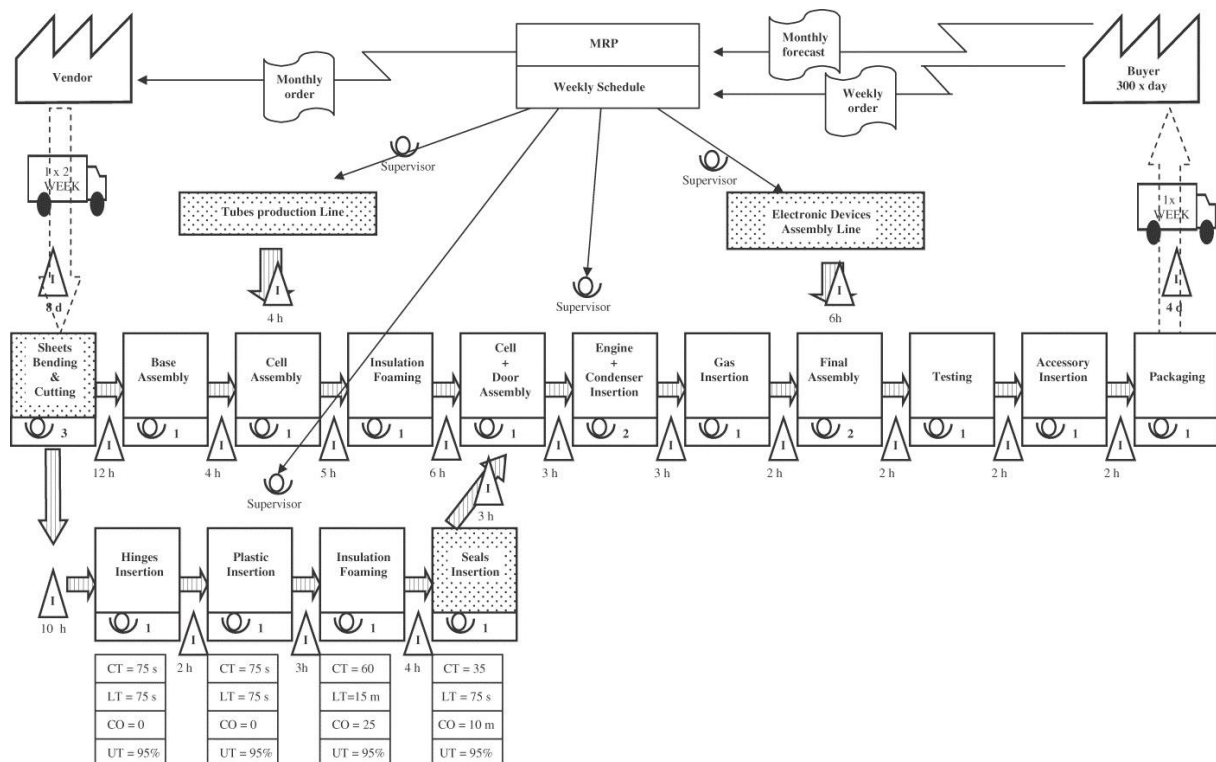
3. Future state map

Deze fase heeft als doel de verbeteringen in het proces te ontdekken. De huidige situatie is in de vorige fasen geanalyseerd en nu kan er naar verbetermogelijkheden gekeken worden. Waar zitten de verbeterpunten? Hoe kan het verbeterd worden? Welke parameters spelen daarbij een rol? In deze fase zal antwoord worden verkregen op deze vragen. Vervolgens kan er een nieuwe map gemaakt worden van de gewenste situatie. Hierbij wordt ook het verschil heel duidelijk en zo creëert een organisatie een nieuw streven.

4. Workplan en implementation

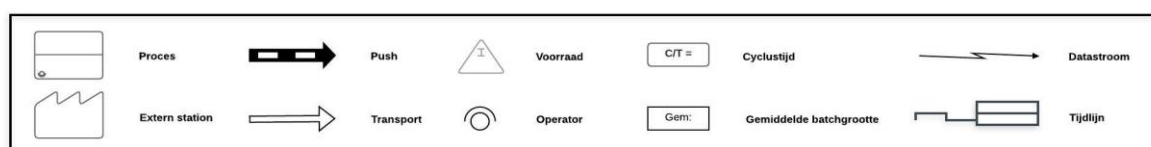
Nadat de current state map en de future state map zijn opgesteld, kan er een plan worden gemaakt hoe er van de current state naar de future state kan worden gegaan. Door middel van een gedetailleerd werkplan kan stap voor stap worden toegewerkt naar de gewenste vooruitgang. Zodra het werkplan goed beschreven is, zal dit ook leiden tot een succesvolle implementatie. Dit houdt in dat het werkplan moet aangeven wat er moet gebeuren, wie het moet gaan doen, wanneer het moet gebeuren en wat er voor benodigd is. Het is belangrijk dat er gedocumenteerd wordt tijdens het proces, zodat de opgedane kennis tijdens dit proces meegenomen kan worden bij de volgende Value Stream Map.

De stappen van Value Stream Mapping zijn in kaart gebracht, maar hoe kan het nou toegepast worden? Value Stream Mapping kan worden gemaakt door middel van een grondige observatie van de werkvloer. Aan de hand hiervan kan de huidige situatie systematisch worden getekend. Vervolgens kan de gewenste, toekomstige situatie getekend worden. Met een implementatieplan wordt het verschil tussen deze twee overbrugd. Als de huidige situatie de toekomstige situatie is geworden, kan er opnieuw een nieuwe, toekomstige, situatie beschreven worden (Bicheno & Holweg, 2009).



Afbeelding 12: Voorbeeld current state map (Braglia, Carmignani & Zammori, 2006)

In afbeelding 12 zijn alle processen weergegeven met bijbehorende cyclustijden, doorlooptijden, voorbereidingstijden en de utilisatie. Tussen elke processen staat de voorraad weergegeven met de wachttijden van elk station. In afbeelding 13 zijn alle symbolen weergegeven met hun bijbehorende betekenis.



Afbeelding 13: Symbolen Value Stream Mapping

Takttijden

Bij Value Stream Mapping wordt er vaak gebruik gemaakt van takttijden. Takttijden dienen als hulpmiddel om het tijdsbestek te bepalen waarin de vraag van de klant geproduceerd moet worden. De takttijd van een product is afhankelijk van de klantvraag en de beschikbare productietijd. De takttijd wordt berekend met de volgende formule:

$$Takttijd = \frac{\text{Beschikbare productietijd}}{\text{Klantvraag}}$$

Produceren aan de hand van takttijden is van belang om onnodige kosten in het productieproces te vermijden. Ook brengt het inefficiënte factoren aan het licht wanneer de productietijden niet overeenkomen met de takttijden. Hierdoor worden onder andere de verspillingen in de vorm van overproductie en voorraad in kaart gebracht (Sundar, Balaji & SatheeshKumar, 2014).

2.2.2 Spaghetti-diagram

Een andere techniek, veelgebruikt in Lean Management, is het maken van spaghetti-diagrammen. Een spaghetti-diagram wordt gebruikt om een efficiënte inrichting van een werkruimte te bepalen. Dit wordt gedaan door alle bewegingen van producten en werknemers in kaart te brengen. Bij het maken van een spaghetti-diagram wordt elk product, dienst of werknemer gevolgd en vormt de beweging een lijn op een schematisch getekende plattegrond van de werkvloer. Een voorbeeld van een spaghetti-diagram is gegeven in afbeelding 14. Door middel van alle getekende lijnen kunnen we de bewegingen analyseren op lengte, aantallen per product, de overlapping en de kruisingen van elkaar. Met een spaghetti-diagram kunnen we daardoor de inefficiënte gebieden en bewegingen in kaart brengen, en vervolgens hier de inrichting van de werkvloer op aanpassen (Senderska, Mares & Vaclav, 2017).



Afbeelding 14: Voorbeeld spaghetti-diagram (AllAboutLean, 2015)

Een spaghetti-diagram wordt gemaakt op een plattegrond van de ruimte die onderzocht gaat worden. Deze plattegrond kan schematisch worden nagemaakt zodat duidelijk is wat de relevante tussenstations zijn. 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 (Theisens, 2016).

Voordat er een spaghetti diagram gemaakt kan worden, dienen er een aantal beslissingen genomen te worden. Er moet namelijk duidelijk vastgesteld zijn wat er onderzocht gaat worden en op welke manier. De werkruimte en het desbetreffende doel waarvoor de ruimte zal fungeren moet worden

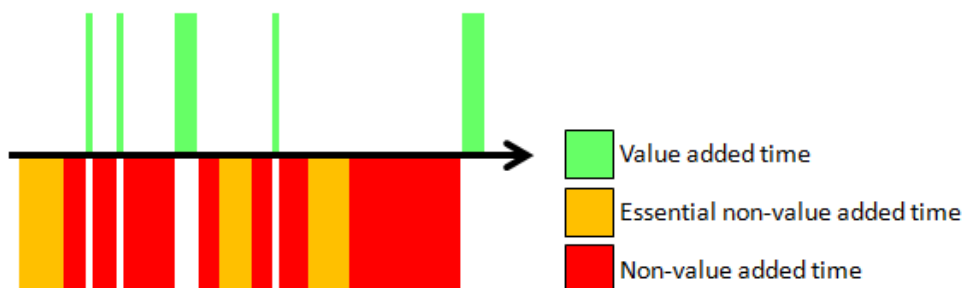
bepaald, wil er uit een spaghetti-diagram een efficiënte inrichting voortvloeien. Ook dient te worden vastgesteld wat het aantal producten of werknemers is dat in kaart gebracht zal worden.

Tijdens de analyse wordt er gekeken naar de afstand die het product of de werknemer aflegt, het aantal bewegingen dat er gemaakt wordt en het aantal overlappende of kruisende bewegingen. Door deze vormen van transport te analyseren kan ook de tijd bepaald worden die op dit moment dus als verspilling kan worden beschouwd. Het identificeert op deze manier de mogelijkheden om het proces efficiënter te laten stroomlijnen (Theisens, 2016).

2.2.3 Time Value Map

Een Time Value Map geeft de waardetoevoegende handelingen ten opzichte van de niet-waardetoevoegende handelingen weer. Handelingen zijn op te delen in drie categorieën: waardetoevoegende handelingen, noodzakelijke en niet-waardetoevoegende handelingen. Waardetoevoegende handelingen zijn handelingen die daadwerkelijk waarde toevoegen in het productieproces en waar de klant voor wil betalen. De niet-waardetoevoegende handelingen zijn handelingen waar de klant niet voor betaalt. Niet-waardetoevoegende handelingen worden daarom als verspilling gezien. Voorbeelden van verspillingen zijn uitgebreid beschreven in paragraaf 2.1.2. De noodzakelijke handelingen van een proces hebben betrekking op de handelingen die uitgevoerd moeten worden, maar niet per se waarde toevoegen. Voorbeelden hiervan zijn controles, inkoop en experimenten (Theisens, 2016).

Een voorbeeld van een Time Value Map is weergegeven in afbeelding 15. Zoals te zien in de figuur, geeft een Time Value Map van alle stappen schematisch de tijd weer. Een Time Value Map is een handig hulpmiddel om de verspillingen van een specifiek proces te analyseren. Het geeft een goed beeld van alle verspillingen die aanwezig zijn in een proces en het geeft eveneens de huidige cyclustijd van een proces weer (Continuous Improvement Toolkit, 2018).



Afbeelding 15: Time Value Map (Continuous Improvement Toolkit, 2018)

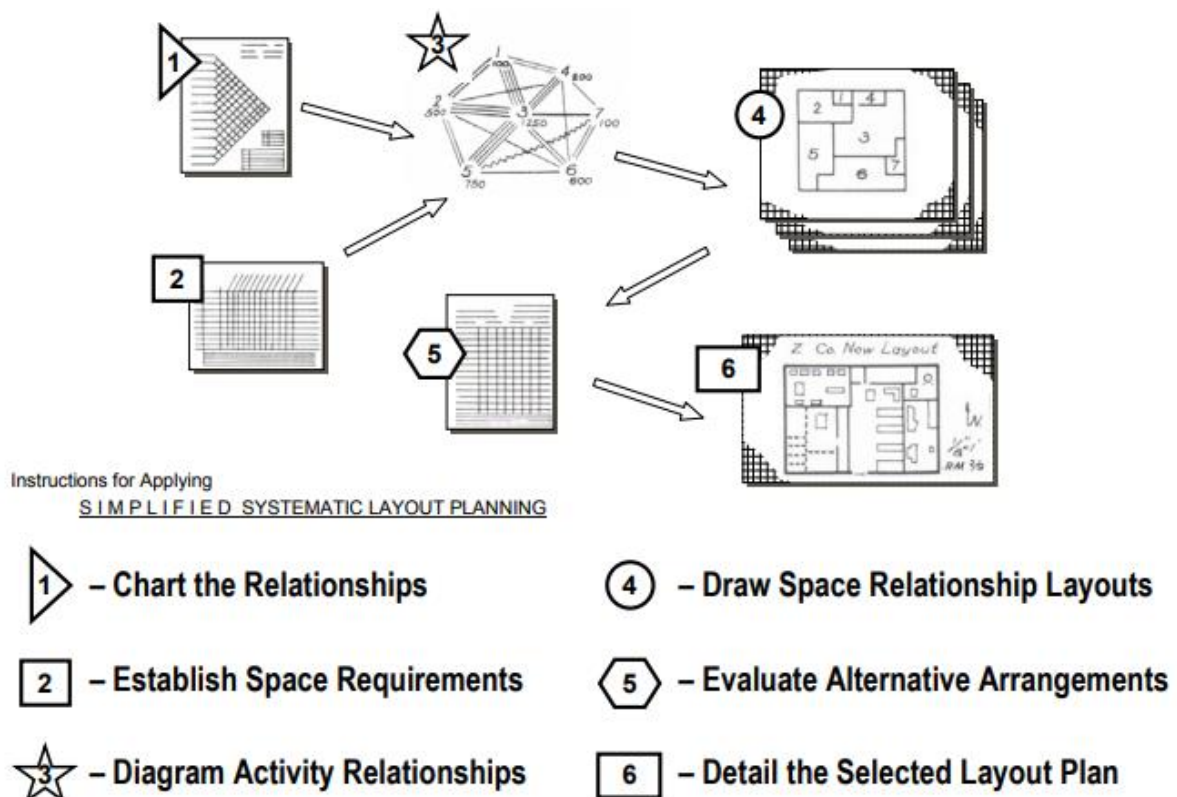
Om een Time Value Map te maken moet een proces nauwkeurig waargenomen worden. Alle stappen moeten worden geïdentificeerd en geanalyseerd op wat de handelingen toevoegen aan het proces. Door deze analyse, worden de niet-waardetoevoegende handelingen blootgelegd. Vervolgens kunnen er oplossingen worden gezocht om de niet-waardetoevoegende handelingen te elimineren.

2.2.4 Systematic Layout Planning

Een vierde techniek die van toepassing kan zijn gedurende het onderzoek, is Systematic Layout Planning (SLP). Systematic Layout Planning is een structurele, universeel-toepasbare aanpak om de inrichting van een werkplek te verbeteren (Muther, 2005). Deze techniek is gefocust op het identificeren van de frequentie van handelingen tussen stations. Het streven is om stations met logische relaties zo dicht mogelijk bij elkaar te plaatsen. Met behulp van deze techniek is het mogelijk om de meest efficiënte vorm van transport op een werkvloer te krijgen.

Volgens Muther (2005), heeft elke inrichting te maken met drie belangrijke kernfactoren: relaties tussen alle handelingen, ruimte voor elke handeling en de mogelijke aanpassing van elke handeling. In afbeelding 16 is schematisch een beknopt stappenplan van Systematic Layout Planning weergegeven. Aan de hand van zes stappen kan Systematic Layout Planning worden uitgevoerd. Hieronder volgt kort een stappenplan om Systematic Layout Planning toe te passen:

1. Om te beginnen met Systematic Layout Planning, moet men de relaties tussen elke handeling identificeren. Elke handeling wordt met elke handeling in één diagram geplaatst om zo de mogelijke relaties tussen de handelingen te analyseren. De frequentie is bij alle voorkomende relaties ook van belang, omdat dit doorslag kan geven in de uiteindelijke inrichting.
2. De tweede stap heeft betrekking op het vaststellen van de beschikbare ruimte. Een werkvloer heeft een bepaalde ruimte waaraan de inrichting gelimiteerd is. Wanneer een deel van de werkvloer zal worden geanalyseerd is een duidelijk afbakening van de ruimte vereist.
3. Vervolgens kan een diagram worden gemaakt waarin de relaties en de beschikbare ruimte samenkomen. Door schematisch de handelingen te tekenen en daartussen de relaties te tekenen, wordt zichtbaar waar lange afstanden plaatsvinden. In het diagram kan vervolgens worden geschoven zodat de handelingen met de belangrijkste relaties naast elkaar worden geplaatst. Het doel is om in de diagram zo min mogelijk lijnen te krijgen.
4. Het diagram uit stap 3 wordt nu omgezet in een schematische inrichting. Elke handeling krijgt een eigen gebied waarin de handeling moet plaatsvinden.
5. In deze stap wordt de gecreëerde inrichting geëvalueerd. De nadruk ligt hier of aan alle restricties is voldaan. Ook alternatieve inrichtingen worden in beschouwing genomen.
6. Wanneer de inrichting is bepaald kan men een gedetailleerde inrichting maken. Hierbij worden alle handelingen neergezet zoals het in stap 4 is getekend.



Afbeelding 16: Stappenplan Systematic Layout Planning (Muther, 2005)

2.3 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we antwoord verkregen op de vraag ‘Wat is Lean management?’. Lean management is een strategie waarmee verspillingen in het productieproces zoveel mogelijk worden geëlimineerd. Door continue verbetering na te streven kan er stapsgewijs toegewerkt worden naar perfectie, wat betekent dat er nul verspilling meer aanwezig is.

Lean management bevat veel technieken die samen het ‘House of Lean’ vormen. Enkele technieken zijn besproken. Deze technieken vielen op tijdens het literatuuronderzoek en deze zullen worden meegenomen in het verloop van het onderzoek.

Het creëren van one piece flow is een belangrijk aandachtspunt bij het hanteren van Lean management. Het ontwerpen van een goede flow is essentieel voor een efficiënte doorstroom in de productielijn. One piece flow zorgt ervoor dat de verspilling voorraad en wachttijden nagenoeg worden vermeden. De methode one piece flow zal dan ook meegenomen worden tijdens het oplossen van de gevonden problemen. Hetzelfde geldt voor de techniek Kaizen. Door met behulp van Kaizen een specifiek proces te analyseren kunnen we een deel van het proces benaderen en ons hier op richten.

Een waardevolle techniek in de fundering van het House of Lean is het nastreven van 5S. Door een werkplek in te richten volgens de vijf S'en kan er efficiënt gewerkt worden. Ook is het belangrijk de werknemers zich bewust te laten worden van hun werkomgeving.

Een laatste noemenswaardige techniek is Lean Six Sigma. De combinatie van Six Sigma en Lean maakt het mogelijk door processen met behulp van data te analyseren. Hierbij wordt de klantwaarde echter niet vergeten. De focus van Lean Six Sigma ligt daarom op het verhogen van klanttevredenheid en het verminderen van variatie.

Methoden om verspillingen te identificeren

Dit onderzoek focust zich op één van de acht verspillingen van Lean, namelijk de verspilling transport. Er zijn vier methoden beschreven in paragraaf 2.2 die van toepassing kunnen zijn op het onderzoek naar overbodig transport. Om de aandachtspunten van alle methodes overzichtelijk naast elkaar te hebben, zijn in tabel 1 de aanpak en doelen van elke methode nog eens weergegeven.

Methode	Aanpak	Doel
Value Stream Mapping	Het proces visualiseren aan de hand van observaties en alle stromen van producten systematisch weergeven, met de daarbij behorende cyclustijden en wachttijden	De behandeltijd van processen van een product of dienst verminderen door de verspillingen te elimineren uit het proces
Spaghetti-diagram	Inefficiënte gebieden en bewegingen in kaart brengen, door producten of werknemers te analyseren	Optimale inrichting van een werkruimte bepalen door de knelpunten in een proces te identificeren
Time Value Map	Een proces analyseren en daarbij de waardetoevoegende handelingen onderscheiden van de niet-waardetoevoegende handelingen	De verspillingen in een proces in kaart brengen en de cyclustijd van handelingen bepalen
Systematic Layout Planning	Alle relaties tussen stations in kaart brengen, rekening houdend met de beschikbare ruimte en mogelijke aanpassing van handelingen	Optimale inrichting van een werkruimte ontwerpen

Tabel 1: Samenvatting methoden

De methode spaghetti-diagram gebruiken we voor de beschrijving van het huidige transport van afsluiters (3.2), omdat een spaghetti-diagram de huidige routes van verschillende afsluiters op een overzichtelijke manier in beeld brengt. Hierbij kunnen we ook de problemen met betrekking tot transport identificeren.

Om van het gevonden probleem de cyclustijd te bepalen, is de methode Time Value Map bruikbaar (4.2.1). Door deze methode te gebruiken krijgen we een beeld van de waardetoevoegende handelingen en de niet-waardetoevoegende handelingen.

Value Stream Mapping zal ook in de probleemanalyse een belangrijke rol spelen (4.2.2). Door het proces schematisch te visualiseren en de cyclustijden van elke processtap te bepalen, kunnen we de problemen en verspillingen analyseren. Bij een Value Stream Map verkrijgen we ook inzicht over de wachttijden en voorraden tussen de processen door, in tegenstelling tot een Time Value Map. Vervolgens kunnen we door middel van Value Stream Mapping ook een gewenste situatie (future state) schetsen om problemen te verhelpen (5.1).

De methode Systematic Layout Planning is een handige methode om de meest efficiënte inrichting van een werkruimte te bepalen. Bij Systematic Layout Planning wordt de nadruk vooral gelegd op het bepalen van de beschikbare werkruimte van stations. Op basis van de werkruimte en de relatie tussen stations wordt de inrichting bepaald. Bij HP Valves is er echter momenteel al een inrichting die voor het merendeel van de afsluiters redelijk efficiënt is qua transport. Met dit onderzoek focussen we ons vooral op de verplaatsing van afsluiters die minder frequent voorkomen. Gezien Systematic Layout Planning zich focust op het gehele proces inclusief de efficiëntere afsluiters, gebruiken we deze methode niet in een verder stadium van het onderzoek.

3. Huidige situatie wat betreft de verplaatsing van afsluiters

Met een beschrijving van de huidige situatie kunnen we antwoord geven op twee deelvragen van het onderzoek. Het betreft de vragen *‘Hoe ziet de productielijn van HP Valves er nu uit?’* en *‘Hoe ziet de verplaatsing van afsluiters op de werkvloer er nu uit?’*. In paragraaf 3.1 is een beschrijving van het gehele productieproces van een afsluiter te vinden. Aan de hand van deze beschrijving zullen flowcharts worden gemaakt die het proces zullen visualiseren. In paragraaf 3.2 richten we ons specifiek op het transport van afsluiters. We onderscheiden hier de verschillende soorten afsluiters en de verschillende bewerkingen die een afsluiter kan ondergaan. Ook maken we verschillende spaghetti-diagrammen, om de routes van afsluiters duidelijk in kaart te brengen. Ten slotte volgt er een conclusie met de belangrijkste waarnemingen uit dit hoofdstuk in paragraaf 3.3.

3.1 Productieproces

Deze paragraaf geeft antwoord op de deelvraag 2a van het onderzoek: *‘Hoe ziet de productielijn van HP Valves er nu uit?’*. Door middel van een gedetailleerde beschrijving van het gehele productieproces (3.1.1) en het maken van flowcharts (3.1.2) identificeren we alle handelingen die in de productielijn een rol spelen.

3.1.1 Beschrijving productieproces

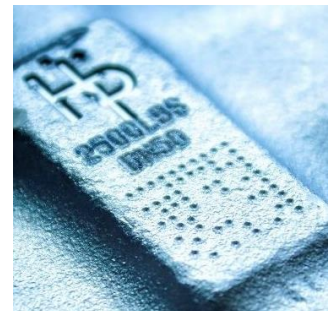
Om een duidelijk beeld te krijgen van het productieproces van HP Valves, is een beschrijving van het productieproces essentieel. De onderstaande beschrijving omvat het proces van handbediende hogedruk afsluiters.

Start proces

Het productieproces van HP Valves wordt in gang gezet wanneer er orders worden geplaatst door haar afnemers. Als er orders binnenkomen worden ze gelijk verwerkt in het ERP systeem van HP Valves, Isah. Er worden commissiebladen voor elke afsluiter gemaakt waarop de Bill Of Operations en de Bill Of Materials staan. De afsluiters krijgen hierbij ook een bijbehorende 2D code toegewezen, het serienummer van een afsluiter. Aan het serienummer zijn alle eigenschappen van de afsluiter gekoppeld en hieruit kan ook gehaald worden welke bewerkingen het product zal moeten ondergaan.

Productie

Bij de machinale productie verkrijgt de afsluiter zijn fysieke vorm. De afdeling machinale productie vormt de behuizingen van elke afsluiter uit ruw materiaal. Deze machines worden per type afsluiter geprogrammeerd en zijn in staat 24 uur per dag te produceren. Vervolgens boren deze machines gaten in de behuizingen, waar uiteindelijk stoom doorheen zal kunnen stromen. Na de machinale productie van de behuizing wordt de afsluiter direct voorzien van een ingegraveerde 2D code die gekoppeld is aan Isah. Een voorbeeld van deze 2D code is weergegeven in afbeelding 17.



Afbeelding 17: 2D Code afsluiter

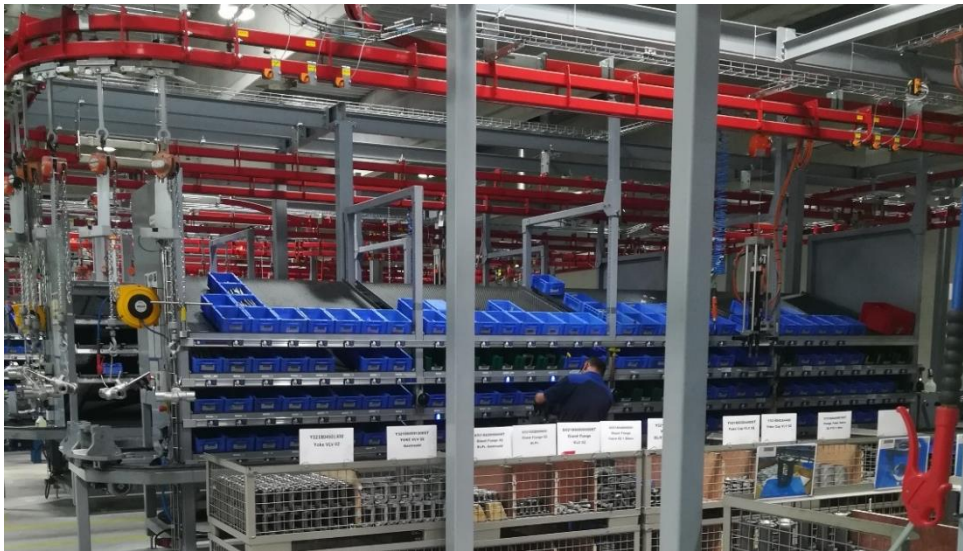
Bewerkingen

Vervolgens gaan de meeste behuizingen naar de soldeeroven of naar de lascabine. Dit is afhankelijk van het type afsluiter en de grootte van een afsluiter. In de soldeeroven worden de behuizingen vacuüm gesoldeerd om de zitting te solderen. Als ze uit de soldeeroven komen en afgekoeld zijn, moet er een ruimbewerking aan te pas komen, een techniek om de holte van een afsluiter bij te schaven. Van de afsluiters die een lasbewerking ondergaan, wordt de zitting binnenin de afsluiter bijgewerkt.

Daarna worden de afsluiters bij het ophangpunt aan de CALDAN-baan gehangen. Deze baan is afgestemd op de 2D code die op de afsluiter zit. Wanneer deze 2D code gescand wordt, weet de baan precies naar welke afdeling de afsluiter moet. De CALDAN-baan wordt gebruikt voor bijna alle soorten afsluiters. Alleen de oude afsluiters, waar nog enkele van besteld worden, behoeven nog een handmatige verplaatsing naar de bijbehorende montagetafel.

Montage

De CALDAN-baan brengt alle behuizingen naar de bijbehorende montagelijnen. Sommige typen afsluiters hebben hiervoor nog een bewerking die ze moeten ondergaan. Hier kunnen ze niet met de CALDAN-baan naar toe worden gebracht. Er worden door de fabriek bewerkingen gedaan zoals lassen, lappen, inschuren en stralen. Per product is de bewerking hierdoor verschillend. Na de eventuele bewerking wordt de afsluiter opnieuw op de CALDAN-baan gezet en brengt deze baan de behuizingen langs de montage, waar alle losse onderdelen aan de afsluiter worden gemonteerd.



Afbeelding 18: Montage afdeling

Spuiterij en Expeditie

De afsluiter gaat via de CALDAN-baan richting de spuiterij en ondergaat daarvoor vervolgens een grondige inspectie. Voor de spuiterij wordt de afsluiter nagekeken op correctheid van materialen en worden vervolgens een aantal tags uitgeprint en bij de afsluiter gevoegd. Wanneer het product aan de eisen en specificaties voldoet gaat het door de spuiterij en komt er een coating op de afsluiter. Daarna gaat de afsluiter naar de afdeling afmontage en worden de laatste elementen van de afsluiter gemonteerd, indien benodigd. Vervolgens gaat het naar de afdeling expeditie en worden de afsluiters ingepakt en gereed gemaakt voor verzending naar de klant.

Kwaliteitscontrole

Tijdens het gehele proces kan er, op aanvraag van de klant, een extra kwaliteitscontrole plaatsvinden. Kwaliteitscontrole kan in drie verschillende vormen voorkomen in het proces. Er vindt namelijk altijd een kwaliteitscontrole plaats voordat een afsluiter de spuiterij-cabine in gaat; dit wordt de eindcontrole genoemd. Hiernaast zijn er nog twee kwaliteitscontroles die de klant kan aanvragen; dit zijn de kwaliteitscontrole gedurende het proces en de kwaliteitscontrole door de klant zelf. De kwaliteitscontrole die gedurende de productie plaatsvindt kan door de klant na vrijwel elke bewerking, tot aan de eindcontrole vlak voor de spuiterij, aangevraagd worden. Voor kwaliteitscontrole door de klant is een aparte cabine aan het uiteinde van de productiehal ingericht voor de handelingen die de kwaliteitscontrole betreft. In tabel 2 staat een overzicht van de soorten kwaliteitscontrole met bijbehorende afkortingen die in het ERP systeem worden gehanteerd.

Vorm van kwaliteitscontrole	Afkorting
Kwaliteitscontrole gedurende het proces	QCIP (Quality control in proces)
Kwaliteitscontrole voor de spuitelij	QCEC (Quality control eind controle)
Kwaliteitscontrole klant inspectie	QCCU (Quality control customer inspection)

Tabel 2: Vormen van kwaliteitscontroles

Non Destructive Examination (NDE)

Non destructive examination (verder te noemen NDE) is een bewerking die ook op aanvraag van de klant wordt uitgevoerd. NDE is een verzamelnaam voor verschillende tests die op een afsluiter kunnen worden gedaan om te bepalen of de afsluiter voldoet aan de materiaaleisen van de klant. HP Valves heeft twee verschillende werkplekken in de fabriek staan waar deze tests worden gedaan. Ook is er een NDE test die door een externe partij wordt gedaan, namelijk een röntgentest. Deze test wordt afgenomen door een extern bedrijf, omdat HP Valves momenteel niet de capaciteiten heeft om deze röntgenstraling in haar eigen fabriek te faciliteren.

Motor operated Valves en Pneumatic operated valves

De handbediende afsluiter is één van de drie soorten afsluiters die HP Valves produceert. Naast deze afsluiter produceren ze ook nog motorbediende afsluiters en pneumatisch bediende afsluiters. Het productieproces verschilt weinig ten opzichte van de handbediende afsluiter. Alle drie de afsluiters worden via de CALDAN-baan naar de bijbehorende montagetafels gebracht, waar naast het monteren van onderdelen ook het assembleren van een motor (MOV) of pneumatische cilinder (POV) een rol speelt. Voor de pneumatisch bediende afsluiters is er nog een uitzondering: de laatste onderdelen worden pas gemonteerd nadat afsluiters zijn gespoten, bij de afdeling afmontage POV. In de onderstaande afbeeldingen is van alle drie soorten afsluiters (inclusief de handbediende afsluiter) een voorbeeld weergegeven.



Afbeelding 19: Handbediende afsluiter



Afbeelding 21: Motorbediende afsluiter (MOV)



Afbeelding 20: Pneumatisch bediende afsluiters (POV)

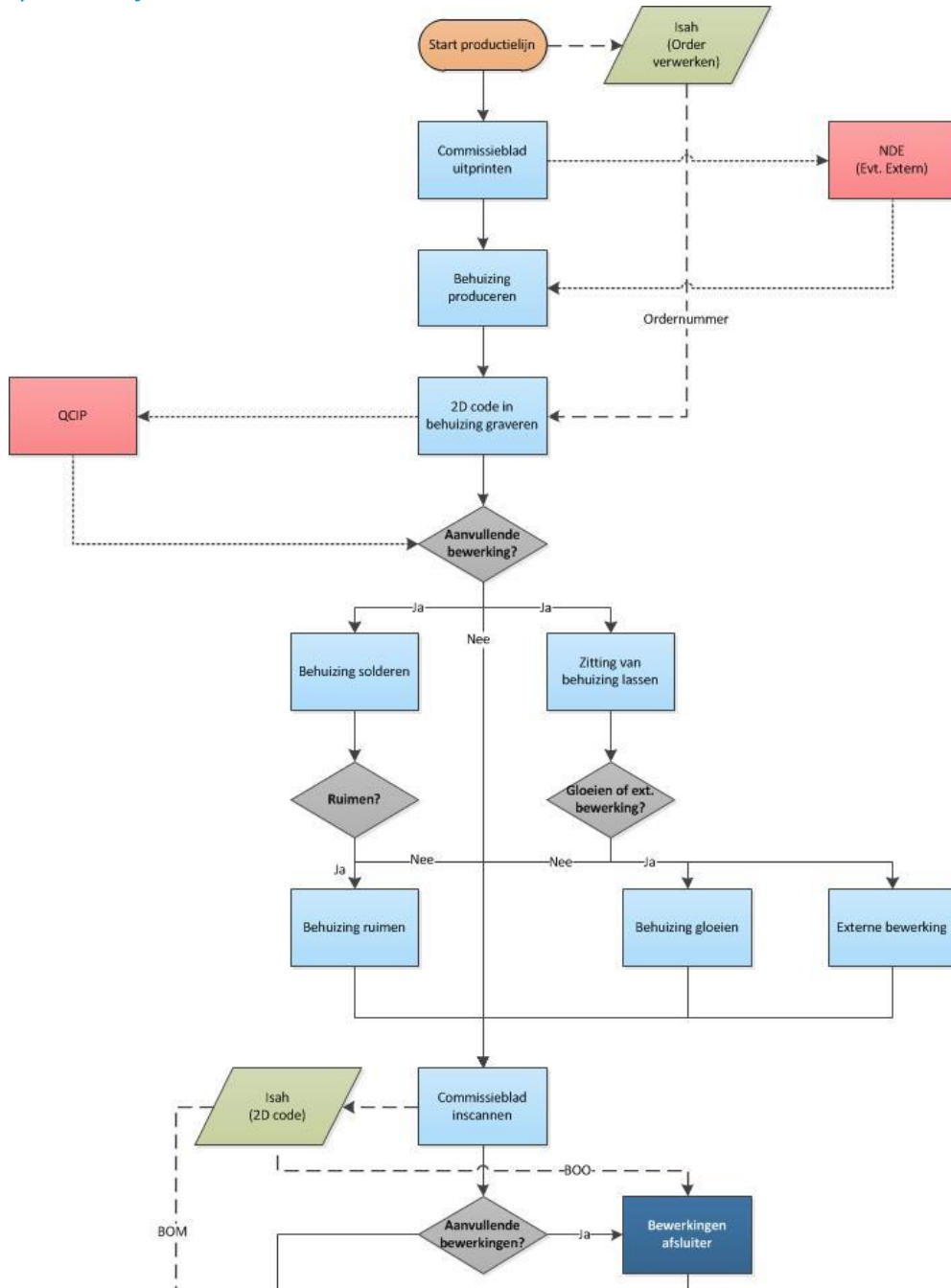
3.1.2 Flowchart productielijn

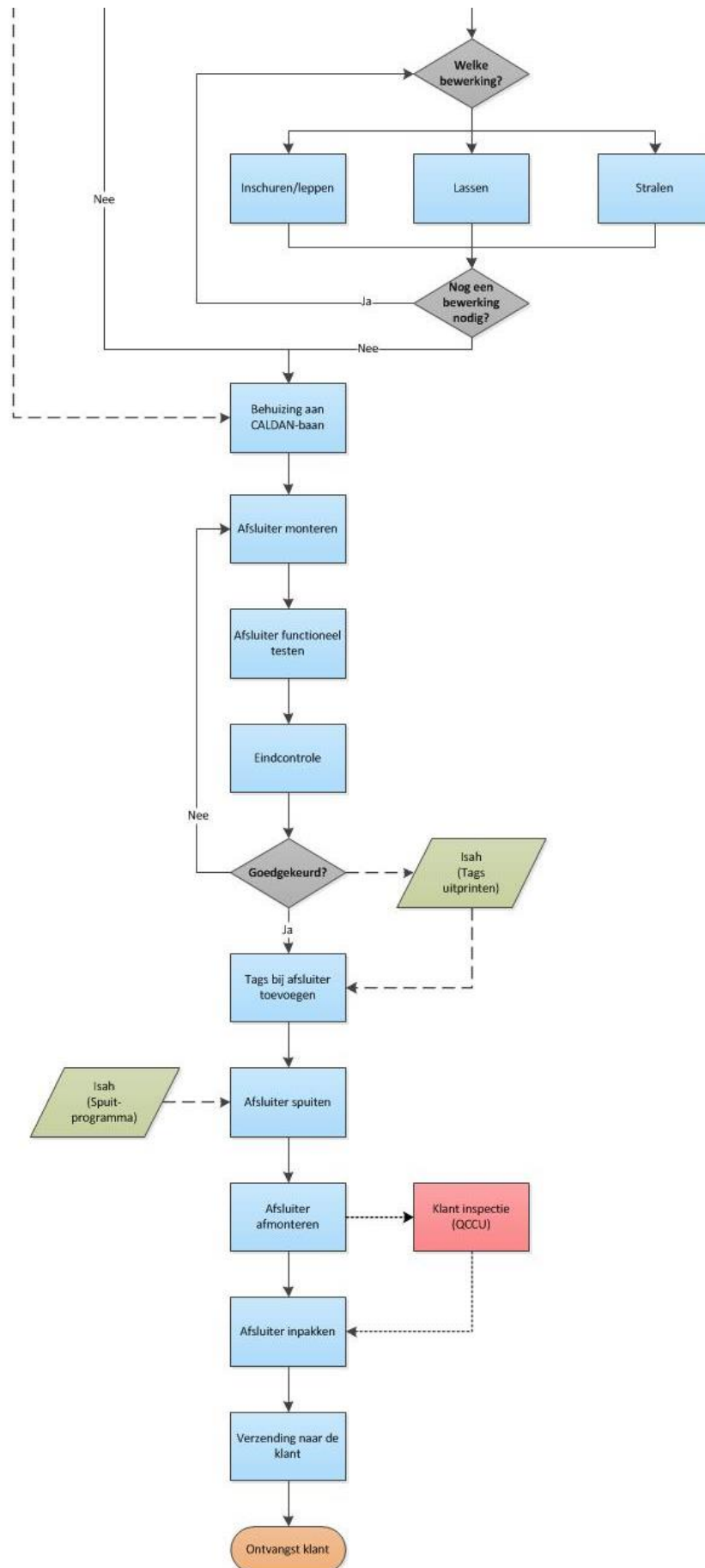
Het beschreven productieproces van een handbediende afsluiter is verwerkt in de flowchart van de productielijn, te vinden in figuur 7. Deze flowchart laat van de ontvangst van een order tot de verzending van de order zien welke handelingen er allemaal benodigd zijn. Ook de rol van Isah is duidelijk terug te vinden in veel van de processen die worden doorlopen door elke afsluiter. Het proces van de motorgestuurde afsluiter en de pneumatisch bediende afsluiter zijn in wezen hetzelfde, op het proces assembleren na. Om deze reden zijn hiervoor geen aparte flowcharts gemaakt. Zoals te zien in de flowchart, is de handeling bewerkingen in donkerblauw aangegeven. Deze handeling omvat bewerkingen die voor elk type afsluiter verschillend zijn.

Legenda flowchart



Flowchart productielijn





Figuur 6: Flowchart productielijn

Zoals beschreven in sectie 3.1.1 kan een afsluiter gedurende het productieproces een aantal aanvullende bewerkingen ondergaan. Dit kunnen bewerkingen zijn die worden opgevraagd door de klant (NDE en kwaliteit) of bewerkingen die bij de behorende afsluiter horen. Aan de hand van de flowchart in figuur 7 worden de afsluiters onderscheiden door deze verschillende bewerkingen.

Als het huis van een afsluiter geproduceerd is kan er nog een aanvullende bewerking nodig zijn om het oppervlak binnenin de behuizing te bewerken. Dit wordt meestal gedaan door een vacuüm-soldeerbewerking, maar ook door een lasbewerking. Na een soldeerbewerking wordt de afsluiter vaak ook geruimd, om het oppervlak handmatig te corrigeren. Na een lasbewerking kan het ook zijn dat de afsluiter nog gegloeid wordt of een externe bewerking ondergaat. Deze verschillende mogelijkheden aan bewerkingen vormen eigenlijk de eerste variëteit aan processtappen. Na al deze bewerkingen komen afsluiters bij het ophangpunt van de CALDAN-baan terecht waar het commissieblad ook wordt gescand.

Door het inscannen van de 2D code weet de baan via Isah waar de afsluiter heen moet. Op het commissieblad staan ook de bewerkingen die een afsluiter nog moet ondergaan (Bill of operations). Dit zijn voor de afsluiters zelf een drietal bewerkingen: inschuren/leppen, lassen en stralen. Inschuren en leppen wordt als één bewerking gezien, omdat de kleine afsluiters worden ingeschuurd en de grote afsluiters gelept worden. Deze bewerkingen worden gedaan om de binnenkant van de afsluiter af te stemmen met de klep die er uiteindelijk in wordt gezet om de afsluiter dicht/open te draaien.

Een andere bewerking is het lassen van afsluiters. Afsluiters kunnen na het lassen van de zitting ook nog op twee andere manieren worden gelast. Dit kan voorkomen bij het assembleren van flenzen die aan de afsluiter moeten worden gelast en bij bepaalde afsluiters moet ook nog een deel van de zitting gelast worden na een gedeeltelijke montage. De derde bewerking, de straalbewerking, wordt gebruikt om de buitenkant van het materiaal te schuren. Afsluiters worden bij deze bewerking in een zandstraalcabine bespoten, waarbij het materiaal aan de buitenkant iets grover wordt en beter bestand tegen bepaalde coatings die later op de afsluiter worden gespoten.

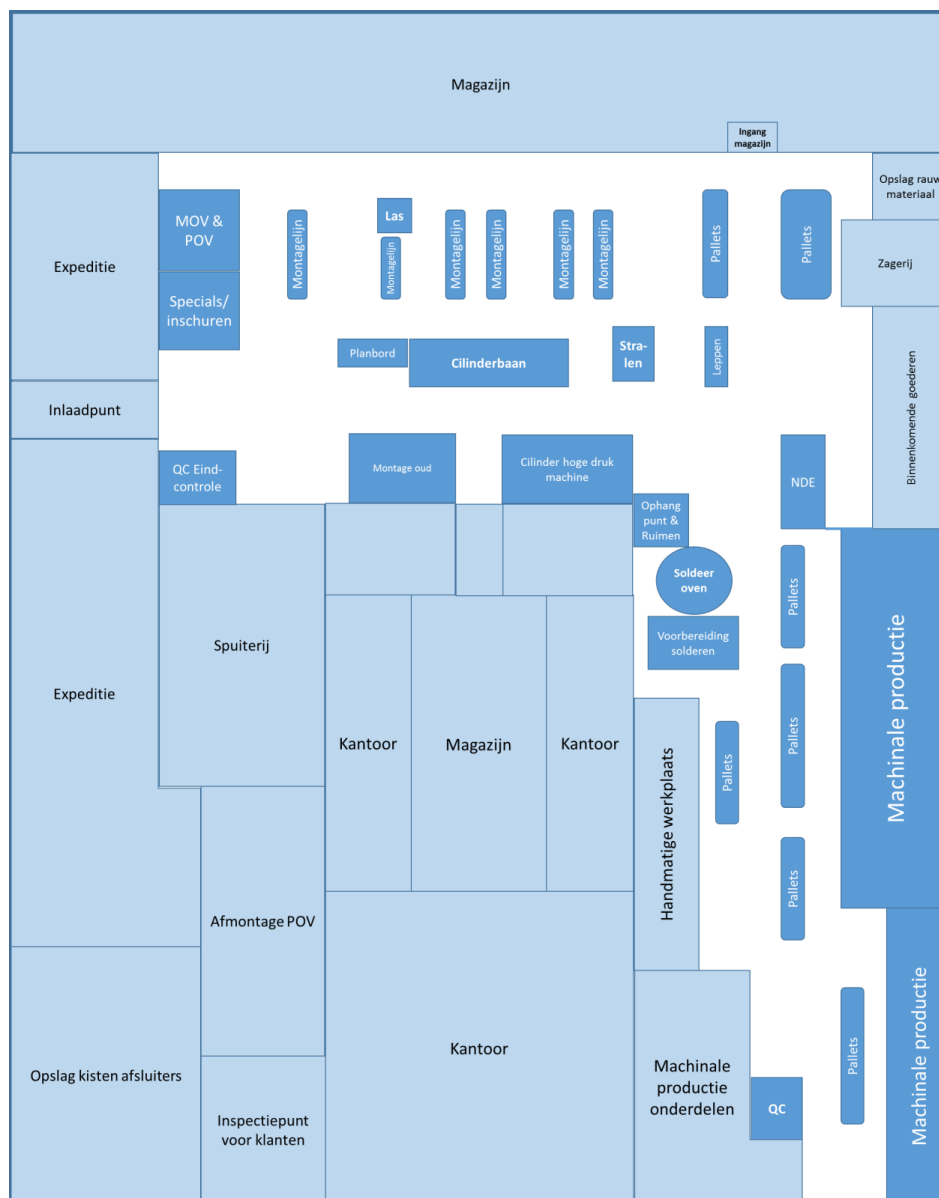
Deze bewerkingen hebben elk hun eigen plek in de fabriek en hier vindt het nodige transport plaats, in de vorm van handmatig gereden pallets en karretjes. Het kopje bewerkingen afsluiter is daarom ook donkerblauw gemarkeerd in de flowchart van figuur 7. Deze bewerkingen zullen verder onder de loep worden genomen in het vervolg van dit onderzoek.

3.2 Transport

Het proces dat een afsluiter ondergaat is beschreven. Vervolgens kunnen we de routes van afsluiters bepalen. Om deze routes in kaart te brengen zullen we eerst de indeling van de fabriek analyseren (3.2.1) en zullen we daarna met spaghetti-diagrammen werken om de routes van verschillende afsluiters te visualiseren (3.2.2).

3.2.1 Indeling fabriek

Om de huidige indeling van de fabriek in kaart te brengen, gebruiken we een plattegrond van de fabriek. In de probleemidentificatie in paragraaf 1.3 is deze plattegrond al gebruikt om twee routes te visualiseren die afsluiters af kunnen leggen in de fabriek. Naast deze visualisatie werd ook dankzij interviews met werknemers duidelijk dat mijn onderzoek vooral resultaat kan boeken binnen de afdeling productie en montage. In de schematische weergave van de plattegrond in figuur 8 is de fabriek opgedeeld in verschillende kleuren met betrekking tot relevantie. De plattegrond is geanalyseerd en de relevante stations zijn met donkerblauwe vakken gemarkeerd. De lichtblauwe vakken zijn stations die niet relevant zijn voor het onderzoek en de witte ruimte is vrije loopruimte op de werkvloer. In appendix D is de schematische plattegrond op volledige paginagrootte weergegeven.



Figuur 7: Schematische plattegrond werkvloer HP Valves

3.2.2 Spaghetti-diagram

Zoals is geconcludeerd in paragraaf 2.3 kan een spaghetti-diagram de route van een afsluiter goed in kaart brengen. Op deze manier worden verspillingen in het transport duidelijk door te kijken welke bewerkingen inefficiënt zijn. In deze paragraaf gaan we spaghetti-diagrammen toepassen op de routes die afsluiters afleggen in de fabriek.

Een afsluiter heeft een doorlooptijd die nogal afhankelijk is van het aantal bewerkingen en aanvullende tests (kwaliteitscontrole en NDE) die een afsluiter kan ondergaan. Van alle afsluiters die in 2017 zijn geproduceerd, is de doorlooptijd van de start tot aan het eind van het productieproces gemiddeld 29,8 dagen.

Een afsluiter nalopen uit de productie vergt veel tijd gezien de gemiddelde doorlooptijd. De route van afsluiters kunnen we ook uit Isah halen. Elke bewerkingstap van een afsluiter is gedocumenteerd in de bill of operations (BOO) en ook gekoppeld aan het ERP systeem. Aan elke afsluiter die in Isah verwerkt is zijn bewerkinsregels gekoppeld. Een voorbeeld van een lijst van deze bewerkinsregels is te zien in afbeelding 22. De bewerkinsregels staan in correcte volgorde en worden stap voor stap doorlopen door een afsluiter.

In de kolom 'capaciteitsgroepen' staan afkortingen voor de bewerking die moet worden doorlopen. Deze afsluiter moet dus 10 processen doorlopen voordat hij bij de klant aankomt. Voor dit onderzoek leggen we de focus op alle bewerkingen tot aan de spuitrij (SPUI). De bewerkingen die vanaf de spuitrij (regelnummer 60 in afbeelding 22) worden gedaan zijn standaard en behoeven daarom geen onderzoek.

Regel	Capaciteitsgr
10	MUL4
20	SOLA
30	RUIM
40	MONT
50	QC
60	SPUI
70	EXP
80	BUFF
90	QC
100	TRAN

Afbeelding 22: Bewerkinsregels afsluiter uit Isah

Door de vele verschillende typen afsluiters moet er een selectie gemaakt worden van geschikte afsluiters die we gaan natrekken met spaghetti-diagrammen. We hebben de afsluiters van het jaar 2017 geanalyseerd. HP Valves produceert zeven typen afsluiters, weergegeven in tabel 3. De verschillen in de typen afsluiters zijn te onderscheiden in de bouw van de afsluiters. In tabel 3 is een overzicht weergegeven van de aantallen van deze afsluiters in 2017.

Vanwege vertrouwelijke informatie is tabel 3 afgeschermd.

De verschillende typen afsluiters hebben elk ook hun specificaties en kunnen dezelfde bewerkingen ondergaan, afhankelijk van het soort materiaal en de bewerkingen. Ook vallen deze typen onder de eerdergenoemde soorten: handbediende, motorgestuurde en pneumatische afsluiters. Er is een opmerkelijk verschil in de aantallen afsluiters van elk type.

Om de doelgroep afsluiters te bepalen is een Pareto analyse uitgevoerd. Met een Pareto analyse kunnen we vaststellen dat de meest voorkomende drie typen afsluiters nagenoeg XXX% van de hele productie in beslag namen in 2017. De berekening hiervoor is te zien in de 'Pareto' kolom in tabel 3. De gegevens van de Pareto analyse zijn in figuur 9 in een diagram weergegeven.

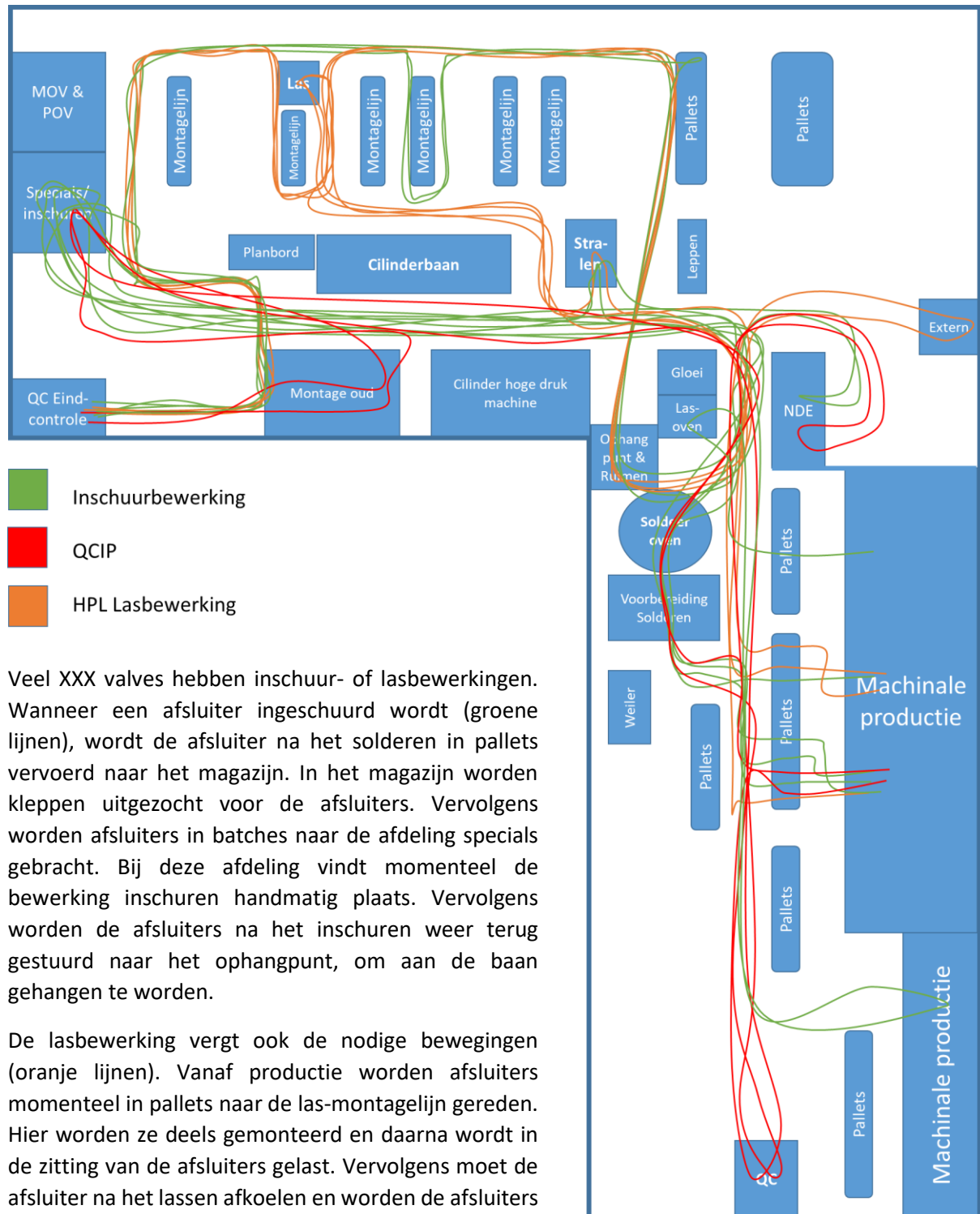
In verband met vertrouwelijke informatie is figuur 9 afgeschermd.

In verband met vertrouwelijke informatie is een deel van deze paragraaf afgeschermd.

De 10 geselecteerde afsluiters zijn elk met een gekleurde lijn over de inrichting getekend. De verschillende kleuren geven het verschil duidelijk weer van de verschillende bewerkingen. Het proces is zoals eerder genoemd waargenomen tot aan de eindcontrole, vlak voor de spuitery. In Appendix F is een overzicht van de verschillende bewerkingen die elk type afsluiter ondergaat te vinden.

In het algemeen vallen een aantal dingen op. De route van afsluiters lijkt ongestructureerd omdat geen enkele afsluiter dezelfde route aflegt. Voor een aantal afsluiters zijn aanvullende tests aangevraagd (QC & NDE). Vooral voor het transport naar de cabine van kwaliteitscontrole leggen afsluiters een lange afstand af (rode lijnen). Ook is één afsluiter naar een externe locatie gestuurd voor een speciale lasbewerking, iets dat sporadisch voorkomt als HP Valves zelf niet de benodigde lascapaciteiten heeft.

Een aantal afsluiters wordt ook tijdelijk opgeslagen in pallets in een open ruimte voor het magazijn. Dit heeft als oorzaak dat de palletruimte vlak voor de machines bij de machinale productie vol is. Hierdoor is er geen plek voor sommige afsluiters en blijven afsluiters soms weken liggen voor dat ze naar montage kunnen. Dit zorgt ook voor extra transport, want afsluiters moeten altijd via de CALDAN-baan naar montage, dat dus weer een stap terug is in de fabriek.



Figuur 8: Spaghetti-diagram XXX valves

Veel XXX valves hebben inschuur- of lasbewerkingen. Wanneer een afsluiter ingeschuurd wordt (groene lijnen), wordt de afsluiter na het solderen in pallets vervoerd naar het magazijn. In het magazijn worden kleppen uitgezocht voor de afsluiters. Vervolgens worden afsluiters in batches naar de afdeling specials gebracht. Bij deze afdeling vindt momenteel de bewerking inschuuren handmatig plaats. Vervolgens worden de afsluiters na het inschuuren weer terug gestuurd naar het ophangpunt, om aan de baan gehangen te worden.

De lasbewerking vergt ook de nodige bewegingen (oranje lijnen). Vanaf productie worden afsluiters momenteel in pallets naar de las-montagelijnen gereden. Hier worden ze deels gemonteerd en daarna wordt in de zitting van de afsluiters gelast. Vervolgens moet de afsluiter na het lassen afkoelen en worden de afsluiters tijdens het lassen naar het ophangpunt gereden om daar vervolgens via de CALDAN-baan weer terug te komen bij dezelfde Montagelijnen voor het monteren van de laatste onderdelen.

3.3 Conclusie

Dit hoofdstuk heeft de huidige situatie van afsluiters, met betrekking tot het productieproces en de daarin voorkomende verplaatsing, beschreven en gevisualiseerd. De deelvraag *‘Hoe ziet de productielijn van HP Valves er nu uit?’* is door middel van een beschrijving en een systematische weergave van het productieproces beantwoord. Naast alle standaardprocessen van een afsluiter zijn hier ook de verschillende bewerkingen geïdentificeerd. Van de variëteit aan bewerkingen is een duidelijk beeld verkregen.

Vervolgens is een antwoord verkregen op de tweede deelvraag van dit hoofdstuk: *‘Hoe ziet de verplaatsing van afsluiters op de werkvloer er nu uit?’*. In een schematische plattegrond van de fabriek met daarbij de relevante stations voor een afsluiter, is het mogelijk om de routes van afsluiters van elkaar te onderscheiden. Uit XXX% van de afsluiters die HP Valves produceert vallen nu conclusies te trekken op het transport van afsluiters. In tabel 4 is een overzicht weergegeven met de belangrijkste waarnemingen van elk type afsluiter.

In verband met vertrouwelijke informatie is tabel 4 afgeschermd.

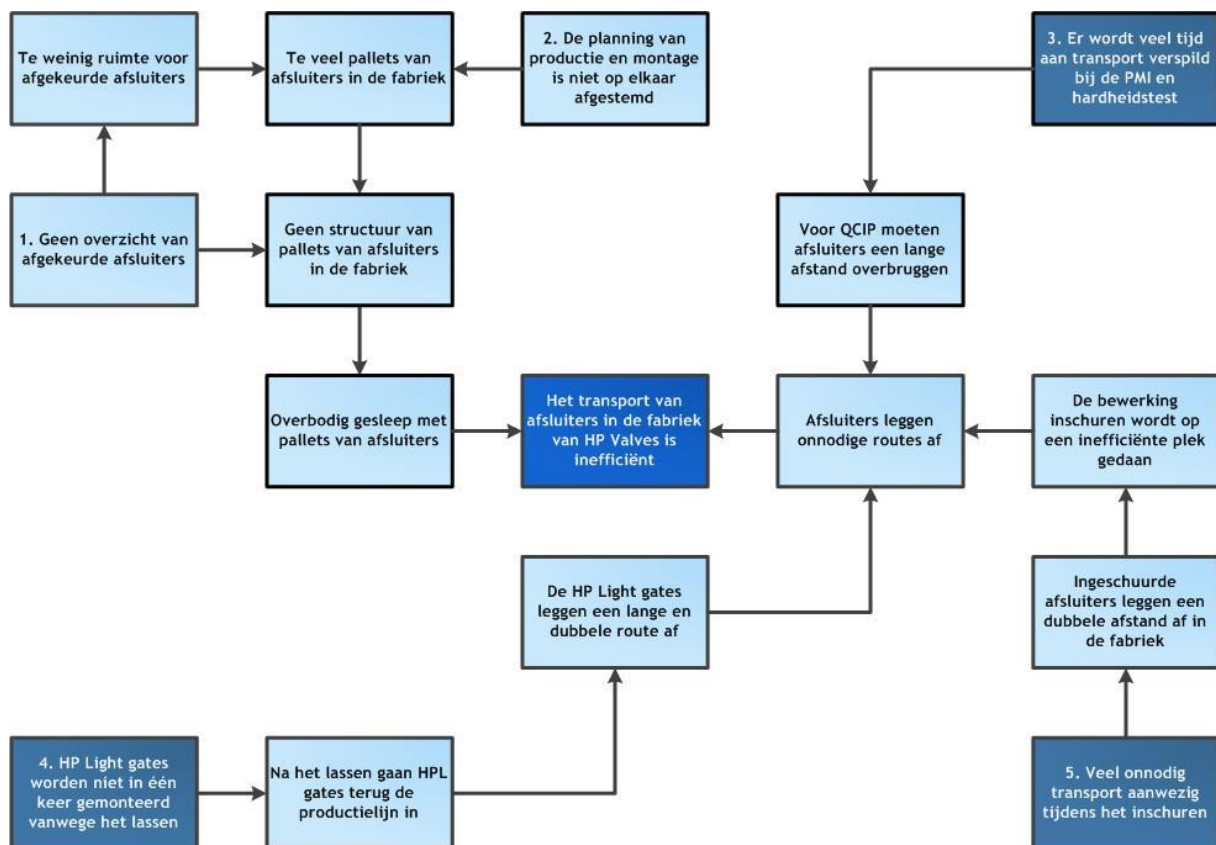
Op basis van de beschrijving van de huidige processen en situaties die zich nu voordoen in de fabriek van HP Valves, zal in het volgend hoofdstuk de probleemanalyse plaats gaan vinden. De bewerkingen in de flowchart en het waargenomen transport in de spaghetti-diagrammen worden verder geanalyseerd.

4. Probleemanalyse van verspillingen met betrekking tot transport

In hoofdstuk 3 is de huidige situatie bij HP Valves beschreven. Als we de huidige situatie in beschouwing nemen zijn er een aantal problemen te vinden in de routes die afsluiters afleggen door de fabriek. In paragraaf 1.3 is dit kernprobleem reeds omschreven. In dit hoofdstuk gaan we dieper in op het kernprobleem en onderzoeken we de achterliggende oorzaken. In paragraaf 4.1 beschrijven we welke oorzaken er gevonden kunnen worden voor het kernprobleem van dit onderzoek. De problemen worden onderzocht door middel van probleemkluwen en vervolgens passen we de methoden Time Value Mapping en Value Stream Mapping toe (paragraaf 4.2) om alle verspillingen waar te nemen. In paragraaf 4.3 zal de huidige efficiëntie worden berekend van de processen waarin verspillingen aanwezig zijn. De waardetoevoegende handelingen worden hierbij onderscheiden van de niet-waardetoevoegende handelingen. Ook wordt hierbij gekeken naar de mogelijke variatie in afsluiters. In paragraaf 4.4 wordt vervolgens de mogelijke besparing uitgerekend wanneer alle niet-waardetoevoegende handelingen kunnen worden verwijderd uit het proces. Ten slotte zal er een conclusie volgen met de belangrijkste waarnemingen uit dit onderzoek in paragraaf 4.5.

4.1 Probleemkluwen

In het productieproces zijn verschillende vormen van verspilling waargenomen tijdens het onderzoeken van de productielijn. In paragraaf 1.3 is vastgesteld dat met name de verspilling transport veel aanwezig is op de werkvloer. In de onderstaande probleemkluwen zijn alle problemen die betrekking hebben op het transport van afsluiters weergegeven. Een probleemkluwen kan de relaties tussen problemen visueel weergegeven en is een handig model om causale relaties te achterhalen. De gevonden problemen zijn weergegeven in de probleemkluwen in figuur 11. In sectie 4.1.1 beschrijven we kort alle problemen die gevonden zijn.



Figuur 9:Probleemkluwen

4.1.1 Problemen

In de probleemkluwen zijn de uiteinden van de kluwen genummerd. De uiteinden van de probleemkluwen zijn de oorzaken van alle problemen, die uiteindelijk leiden tot het inefficiënte transport van afsluiters. Alle oorzaken worden hieronder kort beschreven:

1. Afkeur

Afsluiters die tijdens het productieproces worden afgekeurd, komen bij afkeur terecht. Dit gebeurt vooral bij het inspectiepunt voor de spuitery en bij de montagelijnen. Monteurs leggen afgekeurde afsluiters in karren en rijden ze naar rode vakken die op verschillende plekken in de fabriek zijn uitgetekend. Deze karren worden vervolgens te zijner tijd naar de cabine van kwaliteitscontrole gereden om te kijken of de afsluiter nog hersteld kan worden. Echter, er zijn nu vaak meer karren met afgekeurde afsluiters aanwezig dan dat er ruimte voor is en ze worden bij gebrek aan ruimte tussen de normale productiekarren geplaatst. Hierdoor is er weinig overzicht over afgekeurde afsluiters.

2. Voorraad productie

De productie afdeling van HP Valves heeft een productieplanning gebaseerd op de orders die per week af moeten zijn. De machines zijn in staat 24 uur per dag te draaien en daardoor kunnen de machines gemakkelijk aan de huidige planningscapaciteiten voldoen. Met de veilige planning die HP Valves hanteert bouwen ze een buffer op waardoor er veel afsluiters liggen in de fabriek. Wanneer er direct naast de productiemachines geen ruimte meer is voor pallets, worden ze naast de montagelijnen gestald, voor het magazijn. Vanaf deze plek moeten ze uiteindelijk ook weer worden opgepikt voor een volgende stap in het proces, die hoe dan ook verder weg ligt dan gelijk vanaf de machinale productie.

3. Kwaliteitscontrole in het proces

In paragraaf 3.1.1 zijn de verschillende vormen van kwaliteitscontrole beschreven. De kwaliteitscontrole gedurende het proces bestaat uit een hardheidstest en een PMI test (Positive Material Identification). Een hardheidstest wordt gebruikt om de hardheid van het materiaal te meten en een PMI test wordt uitgevoerd om de chemische samenstelling van het metaal van de afsluiter te verifiëren.

Voor de kwaliteitscontrole tijdens het productieproces leggen afsluiters momenteel een lange afstand af. Dit komt doordat er een cabine is ontworpen om de handelingen van kwaliteitscontrole uit te voeren. Echter staat deze cabine vooraan in de fabriek. Wanneer de afsluiter dus als voorraad is opgeslagen bij de pallets of van een NDE bewerking komt moet deze afsluiter een lange afstand overbruggen. Dit transport kost veel tijd doordat een werknemer in de fabriek deze afsluiters moet vervoeren.

4. Lasbewerking

De lasbewerking van de HP Light gates kent op dit moment de nodige haken en ogen. Zoals ook te zien in het spaghetti-diagram in paragraaf 3.2.2, legt de lasbewerking voor een groot deel een dubbele route af. De oorzaak hiervan is dat deze afsluiter eerst deels gemonteerd moet worden, voordat er binnenin gelast kan worden. De locatie van het lassen is hier wel op ingericht: aan het eind van de montagelij is een geprogrammeerde lasmachine gevestigd. Na deze lasbewerking gaat de afsluiter via een handmatige verplaatsing door een monteur terug naar het ophangpunt van de CALDAN-baan, zodat de afsluiter gekoppeld kan worden met een haak van de baan en de afsluiter terug wordt vervoerd naar dezelfde montagelij waar de afsluiter eerder de lasbewerking onderging.

5. Inschuren van afsluiters

Afsluiters die ingeschuurd worden gaan na de productie eerst naar de afdeling specials. Hiervoor worden deze afsluiters naar het magazijn vervoerd, waar er kleppen bij worden gelegd. Daarna gaan ze handmatig in karren naar de afdeling specials. Vervolgens worden ze ingeschuurd, een bewerking die de nodige tijd in beslag neemt en daarna moeten ze weer terug naar het ophangpunt, omdat ze daar gekoppeld moeten worden aan de CALDAN-baan. Via de baan gaan ze naar de bijbehorende montagelijnen van elke afsluiter. Door deze dubbele route die wordt afgelegd ontstaat er veel verspilling in dit proces.

4.1.2 Oorzaken

Alle problemen die gedurende dit onderzoek aan het licht zijn gekomen zijn beschreven. Er zijn dus nagenoeg een vijftal oorzaken die ervoor zorgen dat het transport in de fabriek niet efficiënt verloopt. Uit dit vijftal problemen selecteren we de problemen met de meeste potentie om opgelost te worden. Hierbij houden we ook rekening met de beknopte tijd van het onderzoek. De problemen met de meeste potentie voor het onderzoek zijn de problemen 3, 4 en 5.

1. Afkeur

De afgekeurde pallets die momenteel in de fabriek zijn is een probleem dat moeilijk zichtbaar is aan de hand van de beschrijving van de huidige situatie van dit onderzoek. Het is een probleem dat door interviews met het management geïdentificeerd is. Uit de data uit Isah valt weinig informatie te halen over het aantal afgekeurde afsluiters en een eventuele oplossing is hierdoor lastig te onderbouwen met data. Daarom is ervoor gekozen om een ander probleem verder te analyseren.

2. Voorraad productie

De afstemming in productie- en montage planning is een probleem dat de verspilling voorraad oplevert. Deze verspilling kan worden verwijderd door één gezamenlijke planning door te voeren. Het afstemmen van deze planning zal echter een te groot project worden dat niet binnen de tijd van mijn opdracht valt te implementeren. Gezien de andere problemen in verband met tijd realistischer zijn uit te voeren binnen de onderzoeksperiode, is daarom gekozen om dit probleem niet verder uit te werken.

3. Kwaliteitscontrole in het proces

De cabine waar de kwaliteitsmetingen PMI test en de hardheidstest worden afgenomen staat nu vooraan in de fabriek. Doordat de cabine aan het begin van de productielijn staat brengt het veel overbodig transport met zich mee. De afdeling kwaliteit is zich hiervan bewust en is ook zelf oplossingen aan het zoeken. In de rest van het onderzoek zal ik hiervoor een advies schrijven, maar geen geheel implementatieplan.

4. Lasbewerking

De lasbewerking voor de HP Light gates vergt op dit moment ook overbodig transport. Het management van HP Valves heeft gedurende dit onderzoek tests op de planning gezet of de lasbewerking ook na het gehele montageproces kan plaatsvinden. Dit onderzoek van HP Valves zal uitwijzen of de bewerking na montage gedaan kan worden, want mocht dat het geval zijn dan is dat de oplossing die het probleem kan verhelpen.

5. Inschuren

Het probleem van de inschuurbewerking behoeft in tegenstelling tot de andere problemen wel een verdere analyse. Bij de inrichting van de fabriek had HP Valves de intentie dat inschuren in dezelfde cabine als de lepbewerking plaats zou vinden. Door monteurs is echter bevonden dat hier te weinig ruimte voor was en dat de huidige inrichting geen fijne werkruimte was.

Door middel van een Value Stream Map van deze specifieke processen met een bijbehorende Time Value Map worden de handelingen van het inschuren in beschouwing genomen. Ook worden de handelingen onderscheiden van waardetoevoegende handelingen en niet-waardetoevoegende handelingen. Hierdoor kan ook de efficiëntie berekend worden en zal de mogelijke besparing in tijd worden bepaald.

4.2 Verspillingen in kaart brengen

Om de verspillingen in kaart te brengen passen we twee methoden toe: Time Value Mapping en Value Stream Mapping. Met Time Value Mapping, beschreven in paragraaf 2.2.3, kunnen we de waardetoevoegende handelingen van een proces bepalen. Value Stream Mapping is een handig hulpmiddel om de voorraden en wachttijden tussen processen te meten en vast te stellen waar je naar toe wilt werken. In paragraaf 2.2.1 is beschreven hoe de methode Value Stream Mapping kan worden toegepast. Het proces dat we gaan analyseren is het inschuren van afsluiters. Alle handelingen van dit proces worden per stap geanalyseerd en gemeten.

4.2.1 Time Value Map inschuren

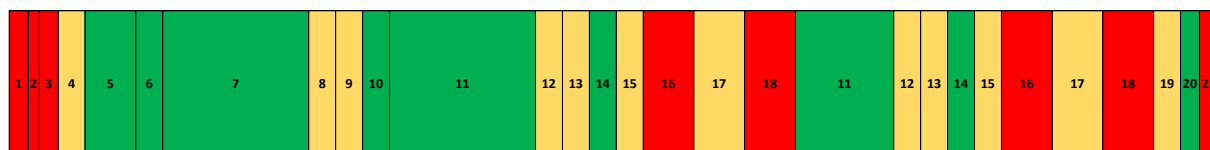
Het inschuren van afsluiters is een proces dat veel tijd kost. Door middel van interviews met monteurs zijn alle handelingen die gedaan moeten worden geïdentificeerd. In tabel 5 is een overzicht gemaakt van al deze handelingen. Het proces begint bij het verplaatsen van pallets vanaf de productie-afdeling tot aan de verplaatsing naar het ophangpunt. Deze genoemde handelingen worden beide in batches (aantallen) uitgevoerd.

Stap	Handeling	Opmerking	Waardetoevoegend?
1	Afsluiter verplaatsen vanaf productie naar specials	Batch	Niet-waardetoevoegend
2	Onderdelen bij afsluiter leggen	Batch	Niet-waardetoevoegend
3	Afsluiter van magazijn naar montage brengen	Batch	Niet-waardetoevoegend
4	Afsluiter in klem plaatsen		Noodzakelijk
5	Zitting afschuren		Waardetoevoegend
6	Grove pasta smeren		Waardetoevoegend
7	Schuren met grove pasta		Waardetoevoegend
8	Schoonmaken		Noodzakelijk
9	Droogspuiten		Noodzakelijk
10	Fijnere pasta aansmeren		Waardetoevoegend
11	Schuren met fijne pasta		Waardetoevoegend
12	Schoonmaken		Noodzakelijk
13	Droogspuiten		Noodzakelijk
14	Testklep monteren		Waardetoevoegend
15	Vereiste druk van afsluiter aflezen van commissieblad		Noodzakelijk
16	Naar testbank lopen		Niet-waardetoevoegend
17	Druk van beide kanten meten		Noodzakelijk
18	Teruglopen naar specials	Indien druk te laag aan één kant, naar stap 11	Niet-waardetoevoegend
19	Initialen monteur erin slaan		Noodzakelijk
20	Terug in kar leggen		Niet-waardetoevoegend
21	Kar terugrijden naar ophangpunt	Batch	Niet-waardetoevoegend

Tabel 3: Handelingen inschuren

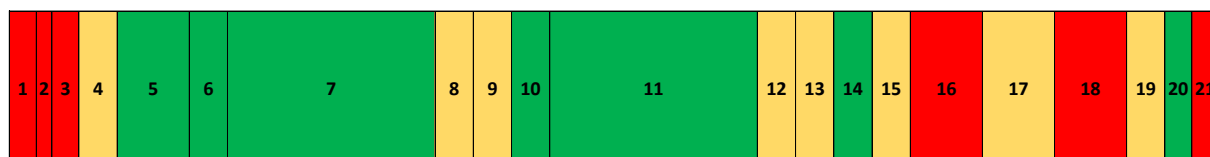
Dit zijn de handelingen die een afsluiter ondergaat bij een inschuurbewerking. De duur van het proces is afhankelijk van de test die wordt gedaan bij de testbank. Daar wordt namelijk getest of de afsluiter goed dicht zit. Uit eerder onderzoek van HP Valves is gebleken dat de gemiddelde doorlooptijd ongeveer 20 minuten per afsluiter bedraagt. Omdat er geen concreet beeld is van de cyclustijd van elke handeling is er ook zelf onderzoek gedaan.

Door zelf deze bewerkingen een aantal malen waar te nemen en te meten is in figuur 12 een Time Value Map gemaakt. De handelingen zijn geordend in drie soorten: waardetoevoegende handelingen (groen), noodzakelijke handelingen (geel) en niet-waardetoevoegende handelingen (rood). Alle stappen zijn genummerd op dezelfde wijze als in tabel 5. Deze inschuurbewerking was pas bij de tweede test voldoende ingeschuurd. De totale doorlooptijd van dit proces is 23,5 minuten.



Figuur 10: Time Value Map inschuurbewerking met twee testen

Om het verschil weer te geven met een inschuurbewerking die na één test gelijk wordt goedgekeurd, is in figuur 13 een Time Value Map een afsluiter weergegeven die bij de eerste test was goedgekeurd. De doorlooptijd van deze afsluiter is 16,5 minuten.



Figuur 11: Time Value Map inschuurbewerking met één test

De Time Value Mappen zijn gemaakt aan de hand van de handelingen die waargenomen zijn. In tabel 6 is een overzicht van deze handelingen met bijbehorende tijden.

Stap	Handeling	Opmerking	Tijd in seconden	Gewenste tijd in seconden
1	Afsluiter verplaatsen vanaf productie naar specials	Batch (5 min / 15 afsluiters)	20	0
2	Onderdelen bij afsluiter leggen	Batch (2.5 min / 15 afsluiters)	10	0
3	Afsluiter van magazijn naar montage brengen	Batch (5 min / 15 afsluiters)	20	0
4	Afsluiter in klem plaatsen		30	30
5	Zitting afschuren		60	60
6	Grove pasta smeren		30	30
7	Schuren met grove pasta		180	180
8	Schoonmaken		30	30
9	Droogspuiten		30	30
10	Fijnere pasta aansmeren		30	30
11	Schuren met fijne pasta		180	180
12	Schoonmaken		30	30
13	Droogspuiten		30	30
14	Testklep monteren		30	30

15	Vereiste druk van afsluiter aflezen van commissieblad		30	30
16	Naar testbank lopen		60	0
17	Druk van beide kanten meten		60	60
18	Teruglopen naar specials	Indien druk te laag aan één kant, naar stap 11	60	0
19	Initialen monteur erin hameren		30	30
20	Terug in kar leggen		20	0
21	Kar terugrijden naar ophangpunt	Batch (5 min / 15 afsluiters)	20	0
	Totaal	In seconden	990	780
		In minuten	16,5	13,00

Tabel 4: Handeling inschuren tijden

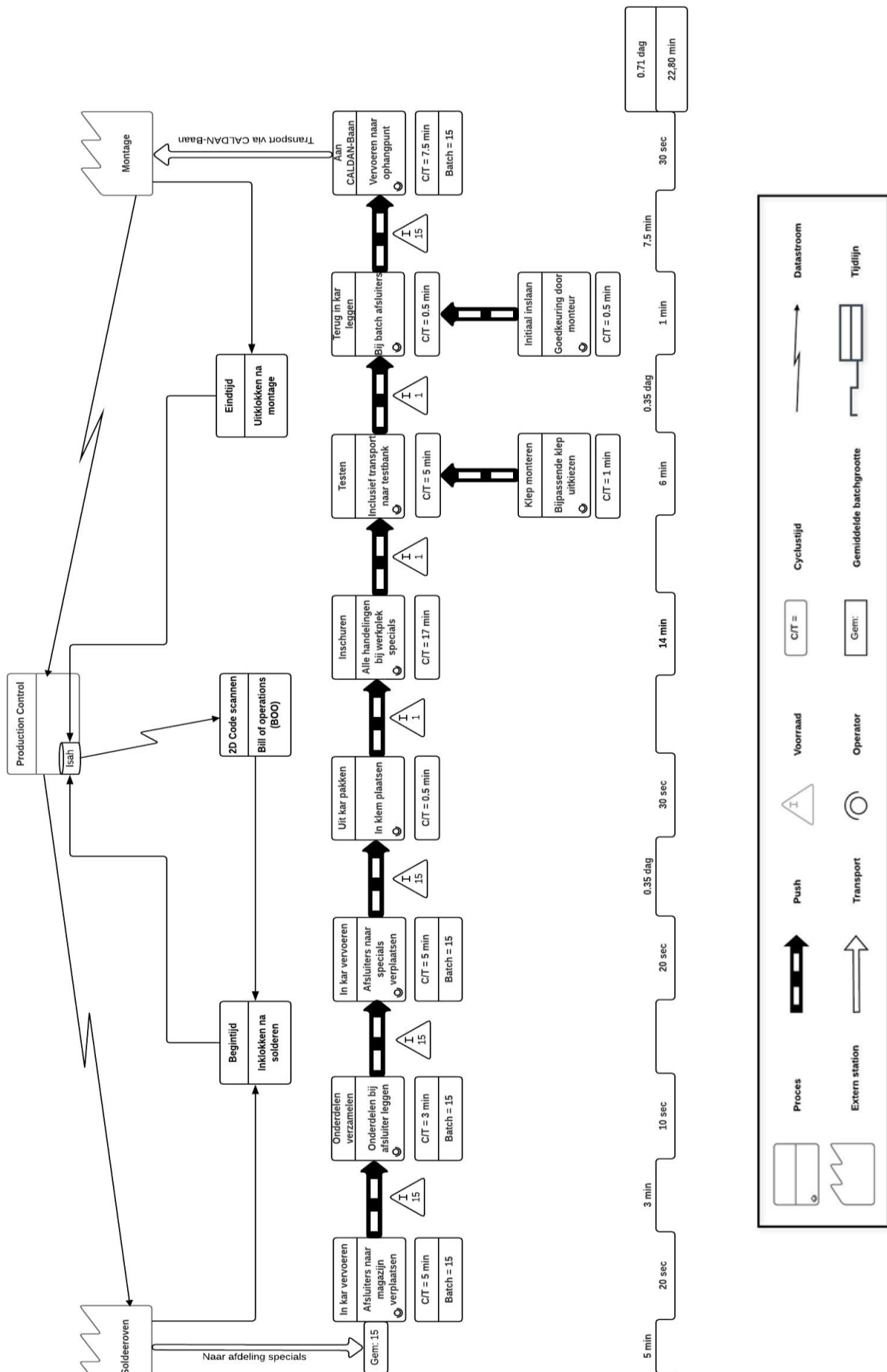
Te zien in tabel 6 is dat de gemiddelde tijd van een afsluiter met één test op 990 seconden ligt, omgerekend 16,5 minuten. De variatie van tijden van deze bewerking is erg hoog. Dit komt omdat het proces inschuren erg precies komt en er bij de kleinste imperfectie al lucht ontsnapt. Afsluiters hebben daarom vaak meer dan één testmoment nodig en dat verlengt de doorlooptijd aanzienlijk. Deze variabiliteit maakt het daarom lastig meetbaar hoeveel bespaard kan worden in dit proces. Wat wel kan worden berekend is dat op de stappen 1, 2, 3, 16, 18, 20 en 21 tijd bespaard kan worden door transport te verminderen.

4.2.2 Value Stream Mapping

Aan de hand van alle handelingen die in kaart zijn gebracht, kunnen we een Value Stream Map maken. Zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 kunnen we door middel van Value Stream Mapping verspillingen vinden door alle handelingen in het proces horizontaal achter elkaar te plaatsen. In figuur 14 is een Value Stream Map weergegeven van het inschuurproces. Bij dit proces beschouwen we het solderen en de montage als externe stations, zodat we ons alleen richten op de handelingen die betrekking hebben op het inschuurproces.

Met de Time Value Map in de vorige paragraaf zijn alle handelingen van één afsluiter gefilterd op de waarde die ze toevoegen aan het proces. Omdat de waardetoevoegende handelingen al geïdentificeerd zijn, gebruiken we Value Stream Mapping nu enkel om de gemiddelde voorraad per handeling te berekenen. Aan de hand van de voorraad per stap kan bepaald worden waar het proces efficiënter kan worden, zodat de doorlooptijd van een afsluiter verkort kan worden.

De Value Stream Map in figuur 14 geeft weer tot waar in het proces er wordt gewerkt met batches in plaats van one piece flow. Tussen elke stap is de voorraadgrootte genoteerd zodat we kunnen zien vanaf waar afsluiters per losse eenheid worden bewerkt. De gemiddelde batch van afsluiters met een inschuurbewerking is 15 afsluiters per batch. Doordat afsluiters in batches worden ingeschuurd, ontstaat er een lange doorlooptijd. Een batch van 15 afsluiters betekent namelijk dat wanneer een afsluiter ingeschuurd wordt, hij daarna nog eens 14 keer dezelfde tijd stil ligt in een pallet. Een afsluiter heeft daarom een gemiddelde doorlooptijd van $15 * 22,80$ (gemiddelde tijd van het inschuren van één afsluiter) minuten. Dat houdt in dat de gemiddelde doorlooptijd van de inschuurbewerking 0,71 werkdag is, zoals ook weergegeven in figuur 14.



Figuur 12: Value Stream Map current state inschuurbewerking

4.3 Efficiëntie en besparing

Nu van het inschuren de handelingen geanalyseerd zijn, kunnen we de efficiëntie van dit proces berekenen. De formule van de efficiëntie is in paragraaf 1.3 al eerder gegeven en is als volgt:

$$\text{Efficiëntie van transport afsluiter} = \left(1 - \frac{\text{Tijd van handelingen met betrekking tot transport}}{\text{Tijd van alle handelingen van het proces}}\right) \times 100$$

De totale transporttijd van een afsluiter is als volgt bepaald. Uit interviews en gegevens die monteurs hebben geleverd is bepaald hoeveel tests een afsluiter ondergaat bij een inschuurbewerking. Dit is als volgt berekend in een overzicht in tabel 7. Om de gemiddelde tijd van het inschuren te bepalen, nemen we het gewogen gemiddelde over de frequentie van het aantal tests dat per inschuurbewerking plaatsvindt. De verhoudingen van deze frequentie zijn bepaald voor 1, 2 en 3 tests. Het is uitzonderlijk dat er vaker dan 3 keer getest moet worden, in de meeste gevallen is er dan iets mis met de afsluiter zelf. Voor de berekening verwaarlozen we deze uitzonderingen.

Aantal tests	Totaal aantal minuten per bewerking	Verhouding	Minuten per bewerking * Verhouding	Besparing in minuten	Besparing * Verhouding
1	16,5	30%	4,95	3,5	1,05
2	23,5	50%	11,75	5,5	2,75
3	30,5	20%	6,10	7,5	1,50
		1	22,80		5,30

Tabel 5: Besparing op basis van gewogen gemiddelde

Gegeven in de tabel is dat de gemiddelde inschuurbewerking 22,80 minuten in beslag neemt. Met het lopen naar de testbank en het transport voor én na het proces kan er 5,30 minuten bespaard worden door de niet-waardetoevoegende handelingen uit het proces te verwijderen. De huidige efficiëntie is daardoor met de volgende formule berekend:

$$\text{Efficiëntie van inschuurbewerking afsluiter} = \left(1 - \frac{\text{Tijd van al het transport tijdens het inschuren}}{\text{Tijd van alle handelingen van het inschuren}}\right) \times 100\%$$

We nemen de gemiddelde doorlooptijd van alle handelingen in het proces en nemen daarvan het percentage waardetoevoegende en noodzakelijke handelingen. De noodzakelijke handelingen kunnen immers niet verwijderd worden. We vullen de getallen in en komen daarmee op een efficiëntie van 76,75%

$$\text{Efficiëntie van transport inschuren afsluiter} = \left(1 - \frac{5,30}{22,80}\right) \times 100\% = 76,75\%$$

4.4 Conclusie

Met behulp van de probleemkluwen zijn de problemen die betrekking hebben op transport in kaart gebracht. Door alle relaties tussen de problemen te beschouwen hebben we de achterliggende oorzaken kunnen ontdekken. Dit hoofdstuk heeft daarom antwoord gegeven op de vragen ‘Wat zijn de problemen in het transport van afsluiters op de werkvloer?’ en ‘Wat zijn de oorzaken van deze problemen?’. De problemen waar vervolgens een oplossing voor wordt gezocht, zijn hieronder nog eens opgesomd:

1. Veel onnodig transport aanwezig tijdens het inschuren
2. Er wordt veel tijd aan transport verspild voor de PMI en hardheidstest
3. HP light gates worden niet in één keer gemonteerd vanwege de lasbewerking

Het eerstgenoemde probleem, het transport tijdens de bewerking inschuren, gaan we met dit onderzoek oplossen. Met een Time Value Map en een Value Stream Map hebben we de inschuurbewerking volledig geanalyseerd. De niet-waardetoevoegende handelingen zijn gefilterd van de waardetoevoegende en noodzakelijke handelingen. Ook hebben we de doorlooptijd van de inschuurbewerking berekend en zijn de voorraden in kaart gebracht door middel van de Value Stream Map.

Voor de inschuurbewerking zullen we in hoofdstuk 5 een oplossing creëren. Hierbij is het doel om zoveel mogelijk transport uit het huidige proces te halen. Voor probleem 2 en 3 geven we in hoofdstuk 5 enkele suggesties wat de beste vervolgstappen zijn om de verspilling van transport te verminderen.

In de probleemidentificatie in paragraaf 1.3 is weergegeven dat bij de ‘speciale’ afsluiters, afsluiters die minder vaak geproduceerd worden, meer overbodig transport aanwezig is. dat we onze focus zouden leggen op afsluiters die minder vaak geproduceerd worden, omdat hier het meest te winnen valt met betrekking tot transport. Inmiddels hebben we drie soorten bewerkingen kunnen analyseren waar zich een probleem voordoet. De percentages waarin deze aantallen voorkomen ten opzichte van de gehele productie, zijn weergegeven in tabel 8.

In verband met vertrouwelijke informatie is tabel 8 afgeschermd.

5. Oplossingen en implementatie

In dit hoofdstuk geven we de probleemaanpak voor de problemen die in hoofdstuk 4 zijn geanalyseerd. De blootgelegde problemen behoeven een oplossing en een implementatieplan. Deelvraag 4a luidt dan ook *‘Hoe kunnen deze problemen worden verholpen?’*. In paragraaf 5.1 geven we de meest geschikte oplossing voor het eerdergenoemde inschuurprobleem. De meest geschikte oplossing leiden we af uit de hoogst haalbare efficiëntie met betrekking tot transport in het proces. Enkele alternatieve oplossingen, met een minder hoge efficiëntie met betrekking tot transport, zijn beschreven in Appendix G.

In paragraaf 5.2 geven we overige adviezen om het transport van afsluiters efficiënter te maken. Vervolgens stellen we in paragraaf 5.3 een plan op om de oplossing ook daadwerkelijk te implementeren. Hiermee zal deelvraag 4b worden beantwoord: *‘Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves om het transport efficiënter te maken?’*

Dit hoofdstuk houdt ook rekening met de restricties uit paragraaf 1.6. Tenslotte zal in paragraaf 5.4 een conclusie volgen van de belangrijkste beslissingen uit dit hoofdstuk.

5.1 Mogelijke oplossingen

Zoals beschreven in hoofdstuk 4, zijn er drie problemen waardoor het transport inefficiënt is en mogelijkheden liggen voor oplossingen. Voor het overzicht hier nogmaals de problemen waar de oplossingen betrekking op zullen hebben:

1. Tijdens het inschuren van afsluiters is transport een grote verspilling in het proces.
2. Er is veel overbodig transport door een route die twee keer afgelegd wordt door het lassen van de HP light gates.
3. Er vindt veel overbodig transport plaats door de kwaliteitscontrole gedurende het proces van afsluiters.

Dit zijn de problemen waar in dit hoofdstuk een advies voor wordt geschreven. Voor het inschuren van afsluiters geven we in subparagraaf 5.1.1 een gedetailleerde oplossing. Vervolgens wordt hiervoor ook een implementatieplan geschreven in paragraaf 5.3. In subparagraaf 5.1.2 berekenen we de beoogde besparing voor HP Valves en tenslotte geven we een kosten en baten analyse in paragraaf 5.1.3.

5.1.1 Oplossing inschuren

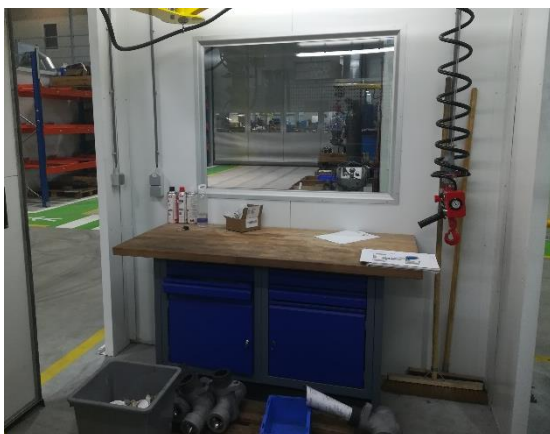
Bij de bewerking inschuren vindt er veel transport plaats. Het probleem met betrekking tot transport is dat de handelingen van de inschuurbewerking op dit moment op locaties plaatsvinden die ervoor zorgen dat het proces inefficiënt verloopt. Kortom, de verspilling transport is bij het inschuurproces in grote mate aanwezig.

Na het soldeerproces van een afsluiter gaat deze op dit moment eerst nog naar het magazijn, zodat monteurs daar kleppen bij de afsluiter kunnen leggen. Vervolgens worden afsluiters vervoerd in pallets naar de afdeling specials. Tijdens het inschuren vindt er ook nog transport plaats door het heen en weer lopen naar de testbank. Na het inschuren worden de afsluiters in pallets naar het ophangpunt van de CALDAN-baan vervoerd zodat ze naar de montagelijnen kunnen.

Er zijn dus een vijftal bewegingen te vinden bij het inschuren van afsluiters. We nemen het proces in beschouwing vanaf het solderen tot het ophangen aan de CALDAN-baan. In figuur 15 is de route van één afsluiter met een inschuurbewerking getekend. Als we het transport in dit proces analyseren komen we dan vijf handelingen van transport tegen:

- [illegible]

Figuur 13: Route afsluiter met de bewerking inschuren



Een mogelijke oplossing voor dit probleem is om de bewerking inschuren op een andere plek uit te voeren. De handelingen van het inschuren kunnen, mits de materialen meegaan, verplaatst worden naar een andere locatie. In een cabine van de fabriek, waar nu afsluiters gelept worden, is nog een tafel ongebruikt (afbeelding 23). Het leppen van afsluiters, is zoals beschreven in paragraaf 3.1, een bewerking die wordt uitgevoerd bij grote afsluiters. Vanwege de grootte van de afsluiters wordt deze bewerking machinaal gedaan. In afbeelding 24 is de lepmachine weergegeven, met werktafel en onderdelen te zien in de laden.

In de lepcabine kunnen we ruimte creëren door de inrichting aan te passen. Er is ruimte voor een werktafel, die we kunnen inrichten voor de bewerking inschuren. Om te zorgen dat hier monteurs efficiënt kunnen werken, moeten alle onderdelen van de afsluiters op voorraad zijn en moeten de materialen voor het inschuren paraat liggen. Door onderdelen op voorraad te houden in de cabine, hoeft de afsluiter niet meer langs het magazijn. Alle materialen en gereedschappen om in te schuren zullen ook verplaatst moeten worden naar de cabine. Daarmee hoeft de afsluiter ook niet meer langs de afdeling specials.

A red industrial laser cutting machine is shown in a workshop setting. The machine has a control panel on the left with various buttons and a digital display. A large red arm extends from the control panel, holding a laser head that is positioned over a worktable. The worktable is a white metal frame with a black top, and it has two drawers on the left side. The drawers are open, revealing various small metal parts and tools. A yellow fire extinguisher is visible on the right side of the machine. The background shows a window with a view of the outdoors.

Afbeelding 24: Lepmachine

Testbank

HP Valves is momenteel bezig om een nieuwe testbank te ontwerpen, waarbij getest wordt door middel van luchtdruk. De testbanken die HP Valves nu gebruikt fungeren door middel van water. De testbank die op luchtdruk werkt is in veel opzichten handiger om te gebruiken dan de huidige testbanken. In afbeelding 25 is een proefontwerp van deze testbank weergegeven. Deze testbank is gekoppeld aan een luchtmeter om er druk in te blazen. De afsluiter wordt omringd door twee klemblokken. Om te testen of de afsluiters dicht zitten wordt er een klein beetje water in het huis van de afsluiter gedaan. Met een luchtpomp wordt er vervolgens lucht doorheen gepompt en als er een luchtbelletje door het water ontsnapt, lekt de afsluiter. Wanneer de testopstelling dus geen belletjes laat zien na het pompen van lucht, is de afsluiter wel goed afgesloten.



Afbeelding 25: Concept testbank op lucht

Op dit moment is de testbank nog niet even betrouwbaar als de huidige testbank. Dat heeft ermee te maken dat er nog lucht kan ontsnappen van de ene naar de andere kant, in plaats van naar boven in het huis (gevuld met water). HP Valves is hier momenteel onderzoek mee aan het doen en verwacht het binnen afzienbare tijd te kunnen gebruiken. Voor het verloop van het onderzoek wordt dan ook rekening mee gehouden dat deze testbank kan worden gebruikt voor de oplossing van mijn probleem.

Inrichting werktafels

In de lepcabine kunnen twee werktafels komen te staan. Aan één werktafel kan de inschuurbewerking zelf plaatsvinden. Hiervoor kan een nieuwe tafel besteld worden waaraan meerdere monteurs kunnen staan. Aan een andere wand, te zien in afbeelding 26, kan een smalle tafel worden geplaatst. Op deze tafel kan de testbank worden neergezet. Vervolgens kan ernaast ook een bankschroef worden geplaatst waar de klep aan de afsluiter gemonteerd kan worden.



Afbeelding 26: Aanzicht lepcabine

In tabel 9 is een overzicht weergegeven welke materialen er nodig zijn bij elke tafel. Elke tafel zal worden uitgerust met een werkbord aan de muur, zodat de gereedschappen makkelijk te pakken zijn.

Materialen inschuurtafel	Materialen tafel testbank
Schuurpasta's	Hamer
Klosjes	Steeksleutel
Kloshouders	Inbussleutel
Droogspuit	Testbank op lucht
Lampje	Bankschroef
Kwastjes	
Houder voor de kwastjes	
Ontvettingsmiddel	

Tabel 6: Overzicht materialen

Door werkborden te ontwerpen, krijgen monteurs de beschikking over de juiste materialen. Deze werkborden zullen worden geplaatst bij de werktafels. De werkborden worden speciaal aangepast voor het inschuren. Op dit moment is er een groot werkbord bij de afdeling specials. Dit werkbord bevat materialen voor meer handelingen dan alleen de bewerking inschuren. In afbeelding 27 is dit werkbord te zien, met in het midden de schuurpasta's waar mee ingeschuurd wordt.



Afbeelding 27: Werkbord afdeling specials



Afbeelding 28: Klosjeshouder

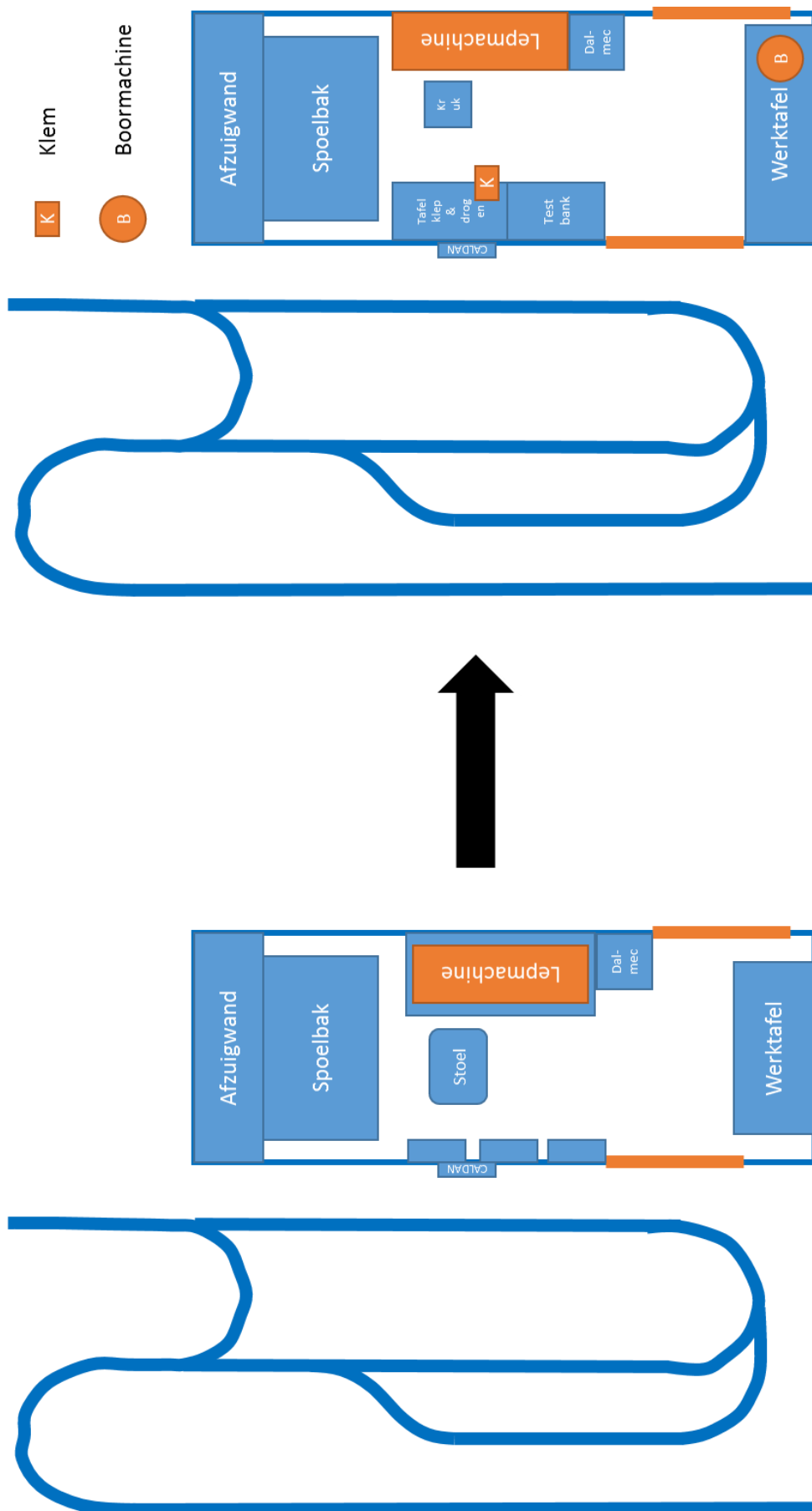
Voor het inschuren van afsluiters worden klosjes gebruikt. De schuurpasta's worden aan deze klosjes gesmeerd, die vervolgens met een klosjes houder worden gebruikt om de binnenin de afsluiter te komen. Vervolgens kan een monteur met een klosjeshouder handmatig de afsluiter inschuren.

HP Valves is op dit moment bezig om de inschuurbewerking te automatiseren. Dat houdt in dat het streven is dat er met boortjes gewerkt gaat worden, die de beweging van het inschuren nabootsen. Door met deze boortjes te werken hoeft een monteur alleen de boortjes voor te bereiden en aan te zetten en verloopt het inschuren automatisch. Dit zal de werkdruk van monteurs ook verlagen en men kan tijdens het inschuren tijd besparen door andere handelingen tegelijkertijd te doen (volgende afsluiter voorbereiden of leppen bijvoorbeeld). De boormachine werkt op dit moment nog niet foutloos.

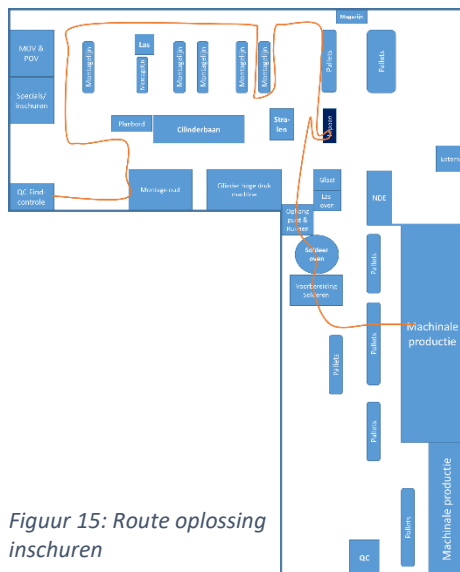


Afbeelding 29: Boormachine

Alles bij elkaar genomen lijkt het een goede oplossing om de inrichting van de lepcabine aan te passen zodat het inschuren er net als het leppen gedaan kan worden. Door twee werktafels zo in te richten dat monteurs er efficiënt kunnen werken, is er genoeg ruimte voor beide bewerkingen: leppen en inschuren. In figuur 16 is een schematische weergave te zien van de verandering van de inrichting. De linker opstelling is de huidige opstelling en de rechter opstelling is de gewenste oplossing.



Figuur 14: Schematische weergave verandering inschuurcabine



Figuur 15: Route oplossing inschuren

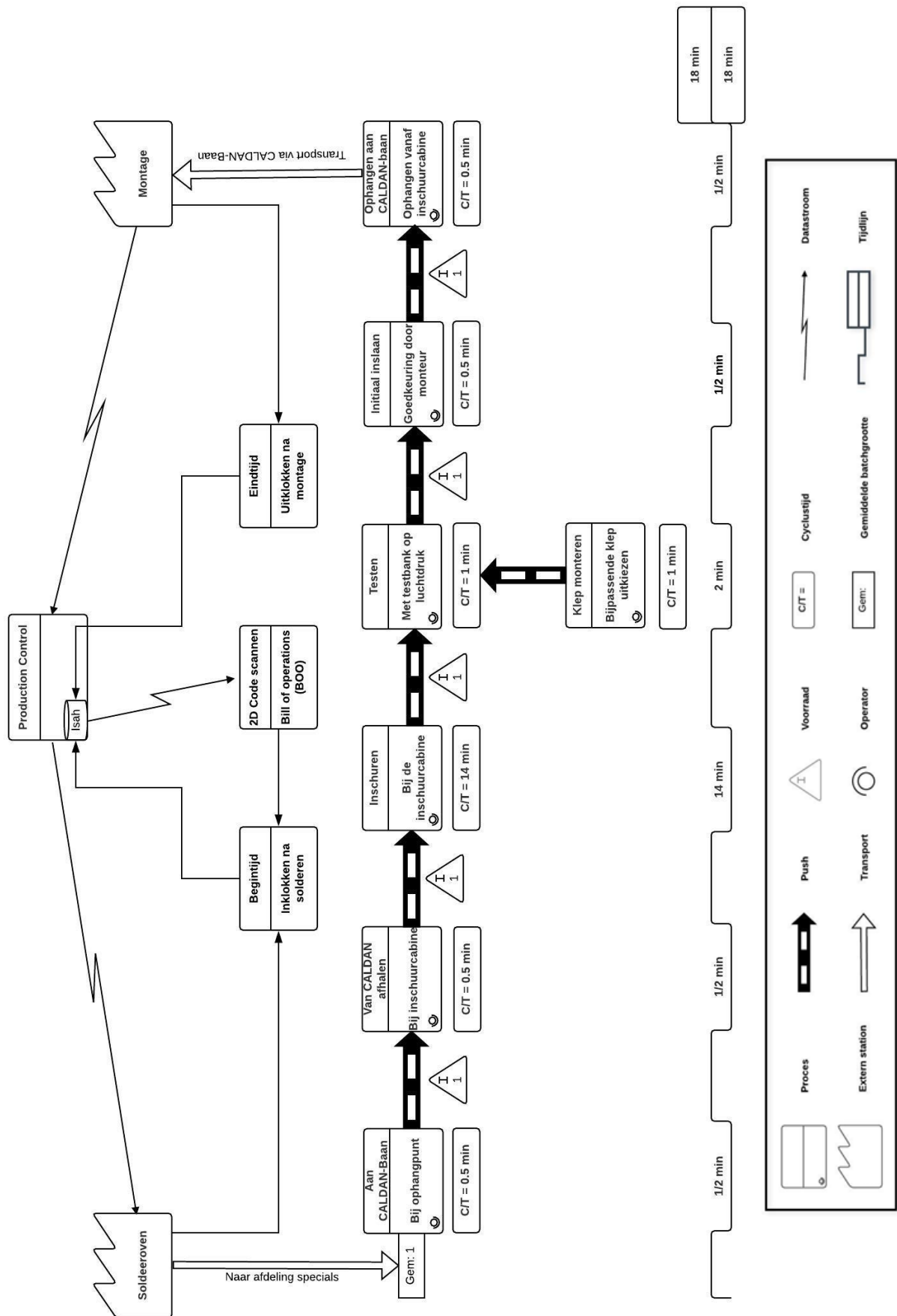
Locatie lepcabine

De lepcabine in de fabriek van HP Valves is ideaal gelokaliseerd voor het gehele productieproces. De lepcabine is donkerblauw gemarkeerd in figuur 17. De CALDAN-baan gaat op dit moment al langs de lepcabine. De CALDAN-baan heeft een lijn naar de lepcabine toe lopen, waar afsluiters van de baan af kunnen worden gehaald. Vervolgens kan HP Valves haar afsluiters bij de cabine inschuren. Na het inschuren kan de afsluiter dan vervolgens opgehangen worden bij de cabine. Er is namelijk al een aansturingspaneel voor de CALDAN-baan bevestigd aan de cabine. Vanaf daar kunnen afsluiters dan naar de montagelijnen worden gestuurd.

De veranderde route van een afsluiter is weergegeven in figuur 17. Het proces is voor het transport van een afsluiter nadrukkelijk efficiënter, gezien de route die nu wordt afgelegd. Tevens kunnen afsluiters nu ook één voor één bewerkt worden, in plaats van in grote aantallen. Met deze verplaatsing van de handeling inschuren creëren we dus ook een one piece flow voor de inschuurbewerking. In figuur 18 is dit weergegeven, in de future state map van de beschreven oplossing.

5.1.2 Besparing inschuren

In verband met vertrouwelijke informatie is deze paragraaf afgeschermd.



Figuur 16: Future state Value Stream Mapping

5.1.3 Kosten en baten analyse

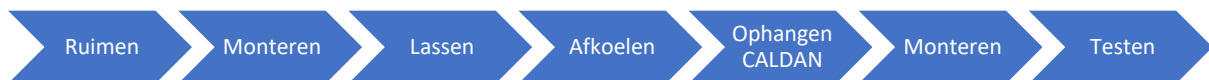
In verband met vertrouwelijke informatie is deze paragraaf afgeschermd.

5.2 Overige adviezen

In paragraaf 5.1 is er uitvoerig een oplossing aangeboden om transport te verminderen voor afsluiters met een inschuurbewerking. Uit de probleemanalyse zijn nog twee andere problemen voortgekomen, waar met een betere aanpak aanzienlijk veel tijd kan worden bespaard met een efficiëntere verplaatsing van afsluiters. In 5.2.1 geven we een advies over de lasbewerking en in 5.2.2 geven we een advies over de kwaliteitscontroles die plaatsvinden gedurende het productieproces.

5.2.1 Lassen

Een klein deel van de productielijn, 3,38% van de gehele productie, ondergaat een lasbewerking bij de MO-F montagelijijn. Deze montagelijijn is inclusief de lasapparatuur weergegeven in afbeelding 30. De afsluiters die deze bewerkingen ondervinden noemen we HP Light gates. Deze afsluiters worden momenteel twee keer naar dezelfde montagelijijn gestuurd, omdat er een lasbewerking tussen het eerste deel monteren en het tweede deel monteren zit. Volgens monteurs van HP Valves is deze volgorde van monteren-lassen-monteren nodig, omdat de afsluiter na volledige montage niet meer goed gelast kan worden. Het huis van de afsluiter zal dan binnenin te heet worden en gaan vervormen, waardoor de afsluiter afgekeurd kan worden.



Figuur 17: Huidige volgorde omtrent lasbewerking

Na overleg met het management van HP Valves zijn er oplossingen overwogen. Volgens het management van HP Valves is er nooit bewezen dat het lassen na volledige montage een afsluiter defect zou maken door oververhitting. Hiervoor zijn in de afgelopen periode tests gedaan om dit te bewijzen. Afsluiters blijken na het lassen wel te kunnen functioneren. Dit betekent dat afsluiters wel in één keer kunnen worden gemonteerd. Het productieproces voor HP Light gates kan daarmee een stuk eenvoudiger worden gemaakt.



Afbeelding 30: MO-F montagelijijn

Er moet echter nog een oplossing komen voor de verplaatsing na de lasbewerking. Normaliter werden afsluiters handmatig gebracht met pallets vol afsluiters en werden ze daarna teruggestuurd om afsluiters aan de CALDAN-baan te hangen. Dit proces kunnen we veranderen nu de afsluiter na het lassen op dezelfde plek kan blijven.

Afsluiters zullen na de lasbewerking af moeten koelen. De buitenkant van een afsluiter wordt na het lassen 70 graden, waardoor monteurs hem niet gelijk na de lasbewerking functioneel kunnen testen. Na het testen kunnen ze vervolgens pas aan de baan worden gehangen, om verder te gaan in het productieproces. Voor het afkoelen raden we aan om een buffer te creëren direct naast de MO-F lijn. Door naast de CALDAN-baan een lijn te maken waar afsluiters aan kunnen hangen om af te koelen, blijft de MO-F lijn niet stilstaan. Vervolgens zullen monteurs afsluiters opnieuw moeten scannen wanneer monteurs de afsluiters gaan testen, zodat de afsluiter daarna via de CALDAN-baan naar de spuitery kan. De verandering in de volgorde is in figuur 21 weergegeven.



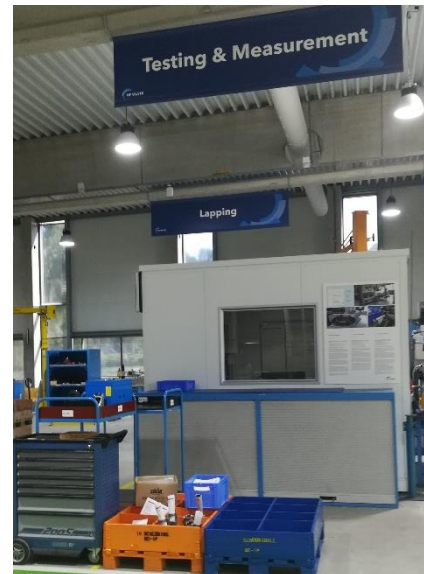
Figuur 18: Advies - verandering in volgorde processen

5.2.2 Kwaliteitscontrole

De mate waarin transport voorkomt bij de handeling kwaliteitscontrole is op dit moment een probleem bij HP Valves. Zoals beschreven in paragraaf 4.1, wordt er veel afstand afgelegd omdat de handelingen van kwaliteitscontrole plaatsvinden in een cabine vooraan in de fabriek, weergegeven in afbeelding 31. Hiervoor is een werknemer veel tijd kwijt met het verplaatsen van pallets met afsluiters.

In paragraaf 3.1.1 is beschreven dat kwaliteitscontrole tijdens het proces een handeling is die de klant aan kan vragen. Uit de data die Isah weergeeft, ondergaat 12,06% van de gehele productie een kwaliteitscontrole.

Zoals ondervonden in paragraaf 4.1, bestaat een kwaliteitscontrole uit een hardheidstest en een PMI test. Deze testen kunnen ook los van elkaar worden gedaan. De volgorde is immers ook irrelevant.



Afbeelding 31: Cabine waar kwaliteitscontroles plaatsvinden

Hardheidstest

HP Valves is in de laatste weken van mijn onderzoek bezig geweest om de ruimte bij het ophangpunt van de CALDAN-baan anders in te richten. Het ophangpunt had al eerder stagnatie ondervonden, wat de doorstroom van afsluiters tegenwerkte. Omdat dit probleem tijdens mijn onderzoek al is aangepakt, is het daarom niet genoemd in de probleemkluwen. Er wordt inmiddels gewerkt aan een oplossing, de doorstroom is al verbeterd. Er is met de nieuwe inrichting ruimte vrijgekomen voor een hardheidstest. Na advies aan het management is er ruimte gecreëerd om een hardheidstest daar mogelijk te maken. Er is ruimte gemaakt waar deze test plaats kan vinden.

Om deze hardheidstest te kunnen realiseren moeten er nog een aantal stappen doorlopen worden. De hardheidsmeter is een meetapparaat dat loodrecht op (het materiaal van) de afsluiter moet worden gedrukt. Hiervoor mag de afsluiter niet bewegen ongeacht de druk die erop komt. Er moet een mal komen waarin alle typen afsluiters getest kunnen worden op de hardheid van het materiaal. Ook zullen de metingen moeten worden gedocumenteerd. Het advies dat aan te raden valt aan HP Valves is om bij de inrichting van het ophangpunt ook ruimte te maken voor een computer/laptop om de metingen digitaal te registreren.



Afbeelding 32: Inrichting ophangpunt

Dit advies houdt in dat de monteur die nu de afsluiters ruimt en ophangt aan de CALDAN-baan, nu ook de hardheidstest kan uitvoeren op dezelfde locatie. De monteur kan aan de bill of material, en het scannen van de 2D code, aflezen of een hardheidstest vereist is. Er staat momenteel een vaste monteur bij het ophangpunt van de CALDAN-baan. Om efficiënt te werken met deze inrichting zal deze monteur geïnstrueerd moeten worden om de hardheidstesten af te nemen. Mits hij dit kan uitvoeren is het mogelijk om de twee handelingen door dezelfde persoon te doen. Mocht de werkdruk te hoog zijn op bepaalde momenten, kan een andere monteur bijspringen om een handeling over te nemen. Dit geldt zowel voor het ruimen en ophangen als het afnemen van een hardheidstest. De handelingen zullen elkaar niet in de weg zitten in de vernieuwde inrichting.

PMI test

De PMI test is een materiaaltest die wordt gedaan om na te kijken of het materiaal van de afsluiter een juiste samenstelling heeft. Deze PMI test wordt gedaan door een groot scanapparaat, dat ruimte in beslag neemt. Daarom is het met de huidige inrichting niet mogelijk om deze handeling ook bij het ophangpunt uit te voeren. Een mogelijkheid waar deze handeling wel uitgevoerd kan worden is bij het eindinspectiepunt van de afsluiter, vlak voor de spuitrij. Zoals beschreven in paragraaf 3.1, wordt bij dit punt gekeken of de afsluiter correct is gemonteerd. Bij het eindinspectiepunt is momenteel ruimte beschikbaar voor de PMI test. Deze PMI test kan hier worden afgenomen wanneer dat benodigd is (wanneer de klant een PMI test opvraagt).

HP Valves heeft richting het einde van dit onderzoek een project opgestart om de locatie van de PMI test te veranderen. Dit project is op gang komen door dit onderzoek. Vanwege de beperkte onderzoekstijd, hebben kwaliteitsmanagers het project verder opgepakt en gaat de PMI test vermoedelijk verplaatst worden naar het eindinspectiepunt. Het eindinspectiepunt zal in dat geval een extra werktafel nodig hebben. Waar de PMI-scanner, weergegeven in afbeelding 33, op uit kan rusten. Door de ruimte werkbaar in te richten voor het uitvoeren van de PMI test zal het transport efficiënter worden.



Afbeelding 33: PMI-scanner

Het advies aan HP Valves luidt dan ook deze vervolgstappen toe te passen om het overbodige transport te verwijderen uit het proces. Voor de afsluiters die de kwaliteitscontrole ondergaan wordt het productieproces aanzienlijk versneld door de verplaatsing van deze handelingen. Naast dat de doorlooptijd korter wordt, scheelt het ook een handeling die een werknemer hoeft te doen. De verplaatsingen van en naar de cabine van kwaliteit worden op deze manier geëlimineerd uit het proces. Dit bespaart HP Valves veel transport, dat in kosten kan worden uitgedurkt in arbeidsuren.

5.3 Implementatieplan

In paragraaf 5.1 en 5.2 hebben we voor de meest relevante problemen die gevonden zijn gedurende dit onderzoek een advies geschreven. Het probleem met de meeste potentie op het gebied van onderzoek, het transport tijdens het inschuren, hebben we in paragraaf 5.1 uitgebreid behandeld. Er is een oplossing gevonden om het transport tijdens het inschuren te verwijderen. Vanwege de beperkte tijd van het onderzoek is het niet mogelijk om alle oplossingen te implementeren. Er is gekozen om voor het transport probleem bij het inschuren een implementatieplan te schrijven. We geven daarmee antwoord op de laatste deelvraag van het onderzoek: *‘Welke implementatiestappen zijn aan te raden voor HP Valves om het transport efficiënter te maken?’*

5.3.1 Aanpak

In paragraaf 5.1 is de oplossing voor het reduceren van transport dat is gemoeid met het inschuren van afsluiters behandeld. De oplossing betreft een nieuwe inrichting bij de cabine waar nu gelept wordt zodat er naast het leppen ook afsluiters ingeschuurd kunnen worden. Om deze oplossing te kunnen realiseren zal er een stappenplan moeten komen om de inrichting te voltooien. In paragraaf 5.1 is een inrichting gemaakt van de gewenste situatie en er is een overzicht gegeven van de benodigdheden die in de cabine moeten komen. In tabel 12 zijn al deze materialen en onderdelen weergegeven. Per tafel zijn de nieuwe benodigdheden ook gesorteerd op gebied van interieur, gereedschap en onderdelen.

Werktafel inschuren	Werktafel monteren en testen	Leptafel
Interieur		
○ Werkblad (180x60cm) ○ Werkbord (30x50cm) ○ Boormachine voor inschuren	○ Werktafel (160x50cm) ○ Werkbord (30x50cm) ○ Lade/bak voor kleppen	○ Tafel (150x50cm)
Gereedschap		
○ Schuurpasta's (5 soorten) ○ Klosjeshouder ○ Klosjes (3 soorten) ○ Lampje ○ Kwastjes ○ Bakje kwastjes ○ Schoonmaakdoeken ○ Ontvettingsmiddel	○ Bankschroef ○ Inbussleutel ○ Steeksleutel, maat 22 ○ Steeksleutel, maat 24 ○ Droogspuit ○ Hamer	
Onderdelen		
	○ Stang ○ Grondering ○ Klep	

Tabel 7: Benodigdheden nieuwe Indeling werktafels

Een groot deel van de benodigdheden is al in de fabriek aanwezig en hoeven we dus niet opnieuw aan te schaffen. In tabel 11, te vinden in paragraaf 5.1.3, is een overzicht van de investeringen die wel moeten worden gedaan.

Voordat de inrichting van de lep- en inschuurcabine gerealiseerd kan worden, dienen er nog een paar testen afgenomen te worden. HP Valves is reeds bezig om een testbank te ontwerpen die werkt op luchtdruk. Tijdens dit onderzoek ben ik betrokken bij dit project, maar gezien de beperkte tijd van dit onderzoek is het niet mogelijk om hier een oplossing voor te creëren. Er zijn wel een aantal vervolgstappen die ik kan aanraden voor HP Valves.

Het project om de boortjes te automatiseren loopt ook nog steeds bij HP Valves. Momenteel werken de boortjes nog niet als gewenst, wat wil zeggen dat monteurs het handmatig sneller kunnen doen. Er wordt echter momenteel onderzoek naar gedaan om dit proces te verbeteren. In dit implementatieplan zullen de ook de vervolgstappen met betrekking tot de automatisering van inschuurboren meegenomen worden.

5.3.2 Stappenplan

Om tot een succesvolle implementatie te komen, moet HP valves een aantal stappen doorlopen. Enkele stappen kunnen los van elkaar worden uitgevoerd, maar enkelen zijn ook afhankelijk van eerdere stappen. Twee belangrijke stappen tijdens de implementatie zijn het werkend krijgen van de testbank op lucht en het verfijnen van de automatische inschuurboren.

Testbank op lucht

De testbank op lucht is een project waar HP Valves op de korte termijn mee aan de slag gaat. De oplossing van dit onderzoek is daarvan afhankelijk. Zolang de testbank op lucht niet werkt, is het niet winstgevend om de bewerking inschuren te verplaatsen. Dit heeft er mee te maken dat er nog steeds veel afstand wordt afgelegd naar de (oude) testbank.

Er wordt verwacht dat HP Valves deze luchttestbank op een even betrouwbaar niveau kan krijgen als de huidige testbanken. Qua flexibiliteit en volume scheelt dit veel, waardoor er makkelijk geschoven kan worden. Ook is de testbank aanzienlijk goedkoper.

Automatische boren voor het inschuren

Voor de volledige implementatie moet dus gewacht worden tot de luchttestbank werkt. Een ander project wat ook een toevoeging is op het inschuren, is het inschuren met geautomatiseerde boren. Dit proces is beschreven in paragraaf 5.1.1. Monteurs van de afdeling MO-P zijn er mee bezig om de boren bij te stellen en de juiste inschuurtijden van de boren te bepalen.

De werking van de automatische boortjes is, in tegenstelling tot de luchttestbank, niet noodzakelijk om de rest van de oplossing te implementeren. Als de boren niet naar behoren zouden functioneren, kan er nog altijd handmatig ingeschuurd worden in de cabine. De beschikbare ruimte die de cabine biedt is ook geschikt om handmatig in te schuren.

Wat, wie, wanneer

De tekening van de plattegrond van dit onderzoek kan inmiddels worden overgenomen in de plattegrond van HP Valves. Wanneer de testbank werkt, kunnen er ook inkopen worden gedaan voor de juiste materialen. Als alle benodigdheden aanwezig zijn bij HP Valves kunnen ze vervolgens de ruimte in gaan richten. Dit zal in deze ruimte ongeveer één hele werkdag in beslag nemen, dus zal er rekening gehouden moeten worden met het aantal lepbewerkingen op dat moment. De fabriek zal op de inschuur- en lepcabine na verder volledig kunnen functioneren.

In tabel 13 is een schema opgesteld van alle stappen die moeten worden doorlopen wil HP Valves de oplossing implementeren. In het schema leggen we de nadruk op wat er moet gebeuren, door wie het moet gebeuren en wanneer het kan gebeuren.

Stap	Wat	Wie	Wanneer
1	Testbank op luchtdruk verbeteren zodat de testbank even betrouwbaar is als de huidige testbank	CI-manager, montagemanager en design afdeling HP Valves	Op tijdstip 0. Dit is de belangrijkste stap om te voltooien. Wanneer de luchttestbank namelijk representatief is voor de huidige testbanken kan de rest van de implementatie pas van start gaan. De verwachte tijd voor dit project is enkele weken, mits er met een team grondig naar gekeken wordt.
2	Automatische boortjes verfijnen	Monteurs MO-P	De automatisering kan parallel aan stap 1 worden uitgevoerd. De boortjes moeten namelijk verfijnd worden zodat ze efficiënter werken dan de handmatige bewegingen van monteurs.
3	Testen boortjes	Monteurs MO-P	Om de boortjes van stap 2 te laten werken, zullen monteurs de boortjes moeten testen in vergelijking met hun eigen inschuurbewegingen. Belangrijk is dat hier het tijdverschil in handeling mee gemeten wordt, om te kijken wat efficiënter is. Mochten de boortjes niet efficiënter zijn, moeten we terug naar stap 2.
4	Gewenste inrichting cabine tekenen in plattegrond HP Valves	CI-manager HP Valves	Dit kan op tijdstip 0, ervan uitgaand dat de testbank gaat functioneren/
5	Werktafels/werkborden/bankschroef bestellen	Afdeling purchasing HP Valves	Zodra de luchttestbank werkt (stap 1), kan de rest van de inrichting worden aangeschaft.
6	Cabine inrichting volgens tekening	CI-manager HP Valves en monteurs	Als alle benodigdheden aanwezig zijn (stap 5), kan de cabine worden ingericht. In 1 werkdag moet deze ruimte kunnen worden veranderd in de nieuwe situatie
7	Systeem CALDAN-baan aanpassen	ERP manager, monteurs CALDAN-baan	Dit kan parallel aan stappen 4, 5 en 6. De CALDAN-baan moet aangepast worden zodat de stuurkast aan de cabine als 2 ^e ophangpunt kan fungeren. Ook moet de sturing van inschuurde afsluiters worden veranderd in het ERP systeem.
8	Proces inschuren afsluiters controleren	CI-manager, montagemanager en monteurs MO-P	Wanneer alle stappen zijn voltooid, moet het proces gecontroleerd worden. Lean management hanterend moet HP Valves op zoek gaan continue verbetering, om het proces nog efficiënter te laten verlopen.

Tabel 8: Stappenplan implementatie oplossing voor transport inschuren

5.3.3 Controle en evaluatie

In deze paragraaf lichten we toe op welke manier controles en evaluaties een belangrijke rol kunnen spelen voor en na de implementatie.

Controle

Tijdens, maar ook na de implementatie is het belangrijk om controles blijven uit te voeren. De beschreven filosofie Lean Management is in paragraaf 2.1 toegelicht. Lean management hanterende, moet er continu naar verbetering gezocht worden.

Het is van belang dat de volgorde van de implementatiestappen aangehouden wordt. Ook is het belangrijk dat werknemers tijdens de implementatie perfectie nastreven. Bij elk stap moet HP Valves zich bewust zijn van de uitkomst die de stap gaat hebben en met welke handelingen het maximale resultaat behaald kan worden.

Evaluatie

Evaluatie is na de implementatie van belang. Als de nieuwe inrichting gerealiseerd is, zullen monteurs geïnstrueerd moeten worden over de nieuwe werkwijze. Dit kan het best gedaan worden elke ochtend tijdens de dagstart, aan het begin van iedere werkdag. Het is belangrijk om elke monteur duidelijk te maken wat het doel van deze implementatie is en dat monteurs begrijpen hoe alle onderdelen werken. Het inschuren zelf is bij elke monteur wel bekend, alleen met een nieuwe testbank en automatische boortjes moet iedereen weten hoe de machines werken. Ook de afdeling magazijn moet worden ingelicht, omdat er voorraden in de cabine op voorraad moeten liggen. Duidelijke communicatie is hier essentieel.

Het is ook goed om na de implementatie te evalueren. Door Lean te hanteren wordt er perfectie nagestreefd. Monteurs krijgen tijdens het uitvoeren van de nieuwe werkinrichting wellicht ideeën over hoe er nog efficiënter ingeschuurd kan worden. Dit evalueren is belangrijk om de eerste weken na de implementatie dagelijks te doen. Dit kan ook samengevoegd worden met de dagstart elke dag.

Ook moet er gestructureerd gewerkt worden in de veranderde lep- en inschuurcabine. De ruimte in de cabine is optimaal benut, dus is er geen ruimte voor slordigheden. Een handige werktechniek is de 5S-methode van Lean, beschreven in paragraaf 2.1.5. Door de 5S'en te hanteren kan er efficiënt gewerkt worden in de cabine. Het is bijvoorbeeld zaak dat alle gereedschappen gestructureerd aan de werkborden kunnen komen te hangen.

Er kan vastgesteld worden dat controle niet alleen tijdens het proces van belang is, maar ook zeker na het proces. De mate waarin geëvalueerd wordt, zal bepalen in hoeverre de implementatie een succesvol effect zal hebben.

5.4 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we met oplossingen, adviezen en een implementatieplan mogelijkheden aangeboden om het transport van afsluiters te verminderen. Voor drie problemen die door de probleemanalyse zijn blootgelegd, zijn oplossingen gegeven. Het probleem waar de meeste aandacht naar is uit gegaan betreft het transportprobleem bij het inschuren van afsluiters.

Er is een andere locatie gevonden in de fabriek waar het inschuren van afsluiters kan plaatsvinden. Deze locatie betreft de huidige lepcabine. Met een efficiëntere inrichting is het mogelijk om naast afsluiters te leppen ze ook in te schuren in deze ruimte. Met aanschaf van nieuwe werktafels, werkborden, een testbank, een bankschroef en onderdelen die al in de fabriek aanwezig zijn kan HP Valves deze inrichting realiseren.

Voor de andere twee problemen zijn adviezen gegeven om het transport van deze processen te verwijderen. Door middel van dit onderzoek zijn er problemen aan het licht gekomen waar HP Valves bezig is om het op te lossen. In samenwerking met HP Valves is voor het transport omtrent de lasbewerking van HP Light gates een oplossing bedacht. Door middel van tests weten we dat het mogelijk is om in één keer te monteren, waardoor het transport in het proces efficiënter kan worden. Een verandering in de volgorde van processen zou het transport namelijk aanzienlijk verminderen en zorgen voor een snellere doorstroom van de HP Light gates.

De hardheidstest en de PMI test die samen de kwaliteitscontrole tijdens het proces vormen, kunnen los van elkaar afgenomen worden. Na discussies met verschillende werknemers is erkend dat het verplaatsen van afsluiters naar de cabine vooraan in de fabriek niet het gewenste effect heeft als van tevoren gedacht. De geadviseerde oplossing voor het transportprobleem bij kwaliteitscontrole is tweeledig: de hardheidstest kan worden geïntegreerd bij het ophangpunt voor de CALDAN-baan en de PMI test kan worden geïntegreerd bij het eindinspectiepunt. In tabel 14 zijn alle suggesties nog eens beknopt weergegeven.

Transportprobleem	Resultaat onderzoek	Oplossing
Inschuren	- Inefficiënt transport bij bewerking inschuren.	- Locatie van inschuren veranderen van afdeling specials naar lepcabine
Lassen HP Light	- Afsluiters worden twee keer naar de montagelij gestuurd vanwege de interruptie van een lasbewerking	- Afsluiter volledig monteren en dan lassen. Afkoelen naast montagelij en vervolgens opnieuw scannen en ophangen aan de CALDAN-baan
Kwaliteitscontrole	- Veel tijd gaat verloren aan het verplaatsen van pallets afsluiters naar de cabine van kwaliteitscontroles	- Hardheidstest integreren bij ophangpunt van de CALDAN-baan - PMI test integreren bij het eindinspectiepunt

Tabel 9: Overzicht aanbevolen oplossingen

Om het transportprobleem bij het inschuren aan te pakken zijn we dieper op het proces ingegaan. Hiervoor is een implementatieplan geschreven in paragraaf 5.3. De implementatie is nog afhankelijk van een testbank die in werking moet worden gesteld. Vanaf dan kan de oplossing gerealiseerd worden. HP Valves verwacht dat de testbank binnen enkele weken even betrouwbaar zal zijn als de huidige testbanken, wat betekent dat de implementatie dan ook van start kan gaan. De inrichting van de ruimte zelf kan binnen één werkdag gerealiseerd worden door monteurs, mits alle benodigheden aanwezig zijn.

Tijdens en na de implementatie is het belangrijk om te blijven zoeken naar verbeteringen. HP Valves hanteert Lean management waarbij 'continuous improvement' centraal staat. De monteurs zullen zich bewust moeten zijn van de inrichting en het resultaat dat het oplevert in termen van efficiëntie.

6. Conclusie en discussie

Dit onderzoek verschaft een antwoord op de hoofdvraag: *‘Hoe kan overbodig transport in de fabriek van HP Valves verminderd worden met als doel dat de productielijn efficiënter wordt?’*. Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden hebben we acht deelvragen, verdeeld over vier hoofdstukken, onderzocht. Door al deze deelvragen samen te voegen krijgen we een antwoord op welke manier overbodig transport verminderd kan worden zodat de productielijn efficiënter wordt (6.1). Vervolgens bespreken we ook de discussiepunten die tijdens dit onderzoek aan het licht zijn gekomen (6.2).

6.1 Conclusie

In de voorgaande hoofdstukken hebben we acht deelvragen behandeld. De belangrijkste bevindingen worden per hoofdstuk op een rijtje gezet. Vervolgens verschaffen we antwoord op de hoofdvraag van het onderzoek.

Methodes van Lean op basis van de literatuur

Met behulp van dit hoofdstuk is er inzicht verkregen in Lean management. Lean management is een strategie die gefocust is op wat de klant wil en waar de klant waarde aan hecht. Alles waar de klant geen waarde aan hecht wordt gezien als verspilling in het proces en zal, volgens Lean, moeten worden verwijderd. Transport is één van de acht soorten verspillingen volgens Lean. Met de methoden die Lean management aandraagt kunnen we de verspillingen in het proces van HP Valves aan het licht brengen.

Lean management beschrijft veel technieken om verspillingen te identificeren. Aan de hand van ‘the House of Lean’ zijn technieken gevonden, die veel hebben bijgedragen aan dit onderzoek. Aan de hand van spaghetti-diagrammen zijn de problemen met betrekking tot transport geïdentificeerd. Vervolgens is een probleem met Value Stream Mapping en Time Value Mapping geanalyseerd om de verspillingen in kaart te brengen. Andere methoden als Kaizen en Lean Six Sigma hebben bijgedragen tijdens het vinden van oplossingen voor het probleem, waar de werktechniek 5S heeft geholpen gedurende de implementatie.

Huidige situatie wat betreft de verplaatsing van afsluiters bij HP Valves

In dit hoofdstuk is het productieproces van afsluiters beschreven. Door een duidelijk beeld te creëren van de productielijn konden we het proces visualiseren door middel van een flowchart. Vervolgens zijn door middel van een spaghetti-diagram alle bewegingen zichtbaar gemaakt op een schematisch gemaakte plattegrond. Voor XXX% van alle afsluiters is de route geïdentificeerd en getekend met behulp van de bewerkingsregels uit Isah, het ERP systeem van HP Valves. Er kan vastgesteld worden dat de meest opvallende soort afsluiters de XXX valve is, vanwege de diversiteit van bewerkingen waar transport mee gemoeid is bij dit type afsluiter.

Probleemanalyse van verspillingen met betrekking tot transport

Met betrekking tot transport, daarin te verstaan de routes die afsluiters afleggen in de fabriek, kunnen we een aantal oorzaken identificeren. Deze oorzaken laten zien waarom het transport van afsluiters inefficiënt is. We hebben uiteindelijk drie van deze problemen verder geanalyseerd. Dit zijn de volgende drie problemen:

1. Veel onnodig transport aanwezig tijdens het inschuren
2. Er wordt veel tijd aan transport verspild voor de PMI en hardheidstest
3. HP light gates worden niet in één keer gemonteerd vanwege de lasbewerking

De oorzaken voor deze problemen zijn achterhaald. Het eerste transportprobleem, het onnodige transport bij het inschuren, is verder geanalyseerd. De waarde- en niet-waardetoevoegende

handelingen zijn in kaart gebracht en de voorraden en wachttijden voor elke stap in het proces zijn onderzocht. Hiermee is berekend dat er met het inschuren van afsluiters een efficiëntie wordt behaald van 76,75%.

Aanbevelingen voor HP Valves om transport te verminderen

Er is onderzoek gedaan om oplossingen te vinden voor de gevonden problemen. Dit heeft geresulteerd in een aantal suggesties voor HP Valves om het transport van afsluiters op de werkvloer te verminderen.

Om het transport uit het proces van inschuren te verwijderen, is een nieuwe locatie gevonden om in te schuren. Door middel van een efficiënte inrichting kan de lepcabine zodanig worden ingericht dat de bewerking inschuren er in geïntegreerd kan worden. Met het uitvoeren van de future state map zijn alle niet-waardetoevoegende transport handelingen geëlimineerd uit het proces. De efficiëntie van het transport van het inschuren van afsluiters wordt daarmee verhoogd naar 100%.

Voor de overige problemen zijn aanbevelingen gedaan. Voor de kwaliteitscontroles die momenteel gedaan worden in de cabine vooraan in de fabriek, is een tweeledige oplossing bedacht om zo tijd te besparen met het verplaatsen van afsluiters. De kwaliteitscontroles die tijdens het proces afgenomen worden bestaan uit een hardheidstest en een PMI test, die elk apart uitgevoerd kan worden. Er wordt dan ook geadviseerd beide testen bij andere stations in de fabriek uit te voeren, respectievelijk het ophangpunt van de CALDAN-baan voor de hardheidstest en het inspectiepunt bij de spuitery voor de PMI test.

Voor de lasbewerking die de HP Light gates ondergaan adviseren we de montage eerst volledig af te maken en daarna pas te lassen, hetgeen nu in twee etappes gebeurt met een tussentijdse lasbewerking. Na volledige montage kan er vervolgens gelast worden. Naast de afdeling moet er een buffer komen waar afsluiters af kunnen koelen. Vervolgens moet de CALDAN-baan op de juiste manier worden ingesteld, zodat afsluiters opnieuw kunnen worden opgehangen aan de CALDAN-baan en de afsluiter door kan naar de spuitery.

Voor het inschuren van afsluiters is ook een implementatieplan geschreven, waar alle stappen tot het realiseren van een nieuw ingerichte lep- en inschuurcabine in staan. Het is hierbij belangrijk dat de volgorde van de stappen worden aangehouden en duidelijk gecommuniceerd wordt tussen alle betrokkenen.

Hoe kan overbodig transport in de fabriek van HP Valves verminderd worden met als doel dat de productielijn efficiënter wordt?

Dit onderzoek heeft uitgewezen dat het transport niet efficiënt verloopt bij een aantal typen afsluiters. Een groot deel van de afsluiters legt een redelijk eenvoudig stramien af in de fabriek. Voor de afsluiters met aanvullende bewerkingen is het echter een ander verhaal. Deze afsluiters leggen een omslachtige route af in de fabriek, wat door dit onderzoek is aangetoond.

Het probleem waar de meeste aandacht naar is uitgegaan betreft het transportprobleem bij het inschuren van afsluiters. Afsluiters leggen op dit moment afstanden af die voorkomen kunnen worden door op een andere plek in te schuren. Door de inrichting van de lepcabine te veranderen in een efficiënte werkruimte voor zowel het leppen als het inschuren, is al het overbodige transport geëlimineerd. De besparing hiervoor is op jaarbasis XXX arbeidsuren. Om deze besparing te realiseren zal HP Valves zich moeten houden aan het implementatieplan. Tijdens dit implementatieplan is het belangrijk dat men zich er bewust van is wat het doel is van de verandering en wat het effect zal zijn op het proces. Wanneer HP Valves zich hieraan houdt zal de continue verbetering, die Lean aandraagt, worden gehanteerd.

6.2 Discussie

Gedurende dit onderzoek zijn er berekeningen gemaakt, gebaseerd op de inschuurtijden van verschillende monteurs. De variatie in snelheid van inschuren bij monteurs is groot, omdat een monteur met meer ervaring normaal gesproken beter aanvoelt of een afsluiter goed dicht zit of niet. Dit verschil in ervaring en gevoel is moeilijk meetbaar te maken. Het verschil in monteurs speelt vervolgens ook een rol in het aantal tests dat een afsluiter ondergaat voordat hij goedgekeurd kan worden. De frequentie van het aantal tests is daardoor ook lastig meetbaar. Voor de berekening van de besparing is daarom op basis van overleg met het management en monteurs van HP Valves een aanname gedaan over de frequentie van het aantal tests per afsluiter.

Voor het proces van het inschuren lopen nu nog twee andere projecten die ook invloed hebben op het proces van het inschuren van afsluiters. Momenteel is HP Valves een testbank aan het ontwerpen, dat vereist is voor de implementatie van de oplossing van dit onderzoek. Deze testbank kan de handeling van het testen ook versnellen of vertragen. Hier is geen rekening mee gehouden. Dit zal invloed hebben op de uiteindelijk besparing van de oplossing. Het aantal testen die de afsluiter moet ondergaan voordat hij goedgekeurd wordt blijft gelijk, ongeacht de testbank die gebruikt wordt.

Een ander project, het automatiseren van de handeling inschuren, is momenteel ook aan de orde bij monteurs. Dit zal voor de tijd van het inschuren ook impact hebben op het proces. Hiermee kan de doorlooptijd van een inschuurbewerking van een afsluiter worden versneld. De efficiëntie van het transport van de afsluiter zal daarmee niet beïnvloed worden, omdat er geen onnodig transport meer aanwezig is voor deze afsluiter.

Voor de problemen met betrekking tot de kwaliteitscontrole en lasbewerking is het door een gebrek aan tijd niet mogelijk om een uitgebreide analyse uit te voeren op verspillingen. Deze processen zijn enkel waargenomen tijdens het onderzoek naar de huidige situatie en in overleg met HP Valves zijn hier een aantal oplossingen uitgekomen. Aan data is ook alleen het percentage bekend waarin de bewerkingen voorkomen. Gaandeweg zijn deze projecten ook opgepakt door monteurs en kwaliteitsinspecteurs. Daarom is er voor gekozen om alleen het transportprobleem van afsluiters met een inschuurbewerking volledig te analyseren.

Bibliografie

- AllAboutLean. (2015, August 25). *spaghetti-diragrams*. Opgehaald van allaboutlean: <https://www.allaboutlean.com/spaghetti-diagrams/>
- AllAboutLean. (2016, April 19). *pdca*. Opgehaald van AllAboutLean: <https://www.allaboutlean.com/pdca/>
- Arko-mils. (2017, Januari 30). *How the 5S Lean Methodology Can Improve Your Workplace Efficiency*. Opgehaald van akro-mils: <https://akro-mils.com/Blog/January-2017/5S-lean-methodology-Improve-Workplace-Efficiency>
- Bainbridge Graduate Institute. (2012, Februari 2). *Toyota Production System and Lean Tools*. Bainbridge.
- Bicheno & Holweg. (2009). *The lean toolbox*.
- Braglia, Carmignani & Zammori. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 23.
- Cambridge University Press. (2018). *Efficiency*. Opgehaald van Cambridge Dictionary: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/efficiency>
- Continuous Improvement Toolkit. (2018). *Time Value Map*. Opgehaald van Continuous Improvement Toolkit: <https://citoolkit.com/articles/time-value-map/>
- Ensie. (2017, Mei 3). *management begrippenlijst*. Opgehaald van Ensie: <https://www.ensie.nl/management-begrippenlijst/efficiency-efficientie>
- Haider & Mirza. (2015). An implementation of lean scheduling in a job shop environment. *apem-journal*, 13.
- Horbal, Kagan & Koch. (2008). *Implementing Lean Manufacturing in High-mix production Environment*. Wroclaw, Polen.
- HP Valves. (2018). *hpvalves.com/about us*. Opgehaald van hpvalves.com: https://www.hpvalves.com/about_us/
- In1Go. (2014, Oktober 22). *Lean: Kanban-voorraad is verspilling*. Opgehaald van In1go: <https://in1go.nl/lean-kanban-voorraad-is-verspilling/>
- Knudson, G. (2013, June 7). *Why BPM and Lean Six Sigma Lead to Process Automation*. Opgehaald van bpmleader: <http://www.bpmleader.com/2013/06/07/why-bpm-and-lean-six-sigma-lead-to-process-automation/>
- Larkin. (2005). The lean concept revolves around the continuous involvement of employees in identifying opportunities to remove waste from a process. *Automotive Industries*.
- Leanthinking. (sd). *5 Principes van Lean*. Opgehaald van Leanthinking: <http://www.leanthinking.be/principes.html>
- Muther, R. (2005). *Overview of systematic layout planning*. Opgehaald van hpcinc: <http://hpcinc.com/wp-content/uploads/2014/06/RMA-1146-SLP-Overview-Mfg.pdf>
- Senderska, Mares & Vaclav. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bullentin, Series D: Mechanical Engineering*.

Skhmot, N. (2017, Augustus 5). *The Lean Way* . Opgehaald van theleanway.net:
<https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>

Slack, Brandon-James & Johnston. (2016). *Operations management*.

Sundar, Balaji & SatheeshKumar. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *ScienceDirect*, 11.

Theisens, H. (2016). *Lean Six Sigma Black Belt*. Amstelveen: Lean Six Sigma Academy.

Appendices

Appendix A: Protocol systematisch literatuur onderzoek

Definitie theoretische concepten

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, zal het theoretisch perspectief alles te maken hebben met Lean Management. Transport is ook een essentiële factor voor het onderzoek. Gezien het feit dat transport een van de zogenaamde acht verspillingen van Lean is, is deze term nog vrij breed en moeten de zoektermen nog aangescherpt worden om relevante artikelen te kunnen vinden.

De methoden die vermoedelijk relevant zullen zijn voor dit onderzoek zijn Value Stream Mapping, spaghetti diagram, single-piece flow, House of Lean en Lean Six sigma. Deze methoden worden ook verwerkt in de zoektermen van het literatuuronderzoek om bruikbare artikelen te vinden.

Zoektermen

Lean en transport zijn de hoofdconcepten voor dit literatuuronderzoek. Omdat transport ook de verplaatsing van producten buiten de fabriek kan omvatten, is ook gekozen voor de termen 'routing' en 'movement'. Ook de variabele voor mijn onderzoek, 'efficiency' is meegenomen in het zoeken van artikelen. Aanvullend op deze termen zijn de methoden spaghetti-diagram en Value Stream Mapping verwerkt in de zoektermen, zodat hier specifiek naar gezocht kan worden.

Hieronder is een tabel te zien met alle zoektermen die gebruikt en het aantal artikelen wat het heeft opgeleverd. Er is gekozen voor een data range van alle artikelen vanaf 1990, omdat Lean management vanaf 1990 is geïntroduceerd bij de eerste bedrijven.

Search string	Scope	Date of research	Data Range	Number of entries
Scopus				
Lean AND Routing AND Transport	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	9
Lean AND Routing AND Efficiency	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	17
Lean AND Routing AND Value Stream Mapping	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	10
Lean AND Spaghetti-diagram	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	23
Lean AND Waste AND Movement	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	61
Lean AND One-piece-flow	Article, abstract, keywords	2-4-2018	1990-present	67
Web of Science				
Lean AND Routing AND Transport	Topic	2-4-2018	1990-2018	39
Lean AND Routing AND Efficiency	Topic	2-4-2018	1990-2018	43
Lean AND Routing AND Value Stream Mapping	Topic	2-4-2018	1990-2018	12
Lean AND Spaghetti-diagram	Topic	2-4-2018	1990-2018	12
Lean AND Waste AND Movement	Topic	2-4-2018	1990-2018	16
Lean AND one-piece-flow	Topic	2-4-2018	1990-2018	30
Total				339
Removing duplicates				-112
Selecting based on exclusion criteria				-188
Removed after completed reading				-33

Included after completed reading	+3
Total selected for review	9

In de tabel is af te lezen dat er veel gefilterd is tussen de artikelen. Er zijn exclusion criteria opgesteld die ervoor zorgen dat irrelevante artikelen buiten beschouwing worden gelaten en alleen artikelen overblijven die toevoeging hebben op het antwoorden van de deelvraag.

Inclusie/exclusie criteria

Number	Criteria	Reason for exclusion
1	Freight transportations	Not related to transport and routing within a factory
2	'Lean' not mentioned in abstract	When lean is just only mentioned in a less important part of the article, it is not relevant
3	Medical topics	Not related to my research
4	Environmental topics	Not related to my research
5	Physical topics	Not related to my research
6	Governmental policies	Not related to my research
7	Software topics	Not related to my research
8	Chemical policies	Not related to my research
9	Ergonomics	Not related to my research
Number	Criteria	Reason for inclusion
1	Relevant book containing concepts about Lean methods	Interesting concepts of Lean, can be used to support the gathered articles.

Er zijn 6 relevante artikelen overgebleven. De 3 boeken zijn ook bijgevoegd, wat samen een lijst maakt van 9 bronnen.

Relevante bronnen voor literatuuronderzoek

1. The lean concept revolves around the continuous involvement of employees in identifying opportunities to remove waste from a process (Larkin, 2005)
2. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques (Sundar, Balaji & SatheeshKumar, 2014)
3. Spaghetti diagram application for workers' movement analysis (Senderska, Mares & Vaclav, 2017)
4. A new Value Stream Mapping approach for complex production systems (Braglia, Carmignani & Zammori, 2006)
5. An implementation of lean scheduling in a job shop environment (Haider & Mirza, 2015)
6. Implementing lean manufacturing in high-mix production environment (Horbal, Kagan & Koch, 2008)
7. The Lean toolbox (Bicheno & Holweg, 2009)
8. Operations management (Slack, Brandon-James & Johnston, 2016)
9. Lean Six Sigma Black Belt (Theisens, 2016)

Appendix B: Concept matrices

Om te bepalen welke methoden bruikbaar zijn voor het onderzoek zijn concept matrices gemaakt. In de volgende beknopte matrix is te zien welke bronnen over welk concept inhoud bevatten. In de gedetailleerde conceptmatrices hierop volgend is per concept te zien wat het artikel bijdraagt aan het literatuurhoofdstuk van mijn onderzoek.

Bron	Lean principles	VSM	Spaghetti-diagram
1. The lean concept revolves around the continuous involvement of employees in identifying opportunities to remove waste from a process (Larkin, 2005)	X		
2. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques (Sundar, Balaji & SatheeshKumar, 2014)	X	X	
3. Spaghetti diagram application for workers' movement analysis (Senderska, Mares & Vaclav, 2017)			X
4. A new Value Stream Mapping approach for complex production systems (Braglia, Carmignani & Zammori, 2006)		X	
5. An implementation of lean scheduling in a job shop environment (Haider & Mirza, 2015)	X		
6. Implementing lean manufacturing in high-mix production environment (Horbal, Kagan & Koch, 2008)	X	X	
7. The Lean toolbox (Bicheno & Holweg, 2009)	X	X	X
8. Operations management (Slack, Brandon-James & Johnston, 2016)	X		
9. Lean Six Sigma Black Belt (Theisens, 2016)	X	X	X

Deze 9 bronnen worden gebruikt om de meest geschikte methoden te vinden voor dit onderzoek. De verschillende methoden die ze vermelden zullen worden vergeleken en op basis van de huidige situatie zal een keuze gemaakt worden welke methodes geïntegreerd worden in de oplossing van het probleem.

De bronnen Value Stream Mapping en Spaghetti-diagram gaan met zekerheid in het onderzoek gebruikt worden. In de volgende conceptmatrices is te zien hoe de bronnen met betrekking tot het Value Stream Mapping en spaghetti-diagram gaan bijdragen aan het literatuuronderzoek.

Conceptmatrix Value Stream Mapping

Bron	Omschrijving Value Stream Mapping	Toepassing	Resultaat
A Review on Lean Manufacturing Implementation	Value Stream Mapping (VSM) is het process van het in kaart brengen van	VSM kan worden toegepast door eerst de huidige situatie visueel in kaart te brengen.	Value stream is een middel om alle gerelateerde activiteiten met betrekking

Techniques (Sundar, Balaji & SatheeshKumar, 2014)	alle materiaal- en informatiestromen dat benodigd is om alle handelingen te ondersteunen met betrekking tot het productieproces. Hierbij worden de waarde- en niet-waardetoevoegende activiteiten geïdentificeerd.	Vervolgens moet er een nieuwe visuele map worden gemaakt waar het verbeterplan op gebaseerd is.	tot het productieproces in kaart te brengen. Waarde en niet-waardetoevoegende worden van elkaar onderscheiden en er wordt naar een toekomstige situatie gewerkt.
A new Value Stream Mapping approach for complex production systems_ (Braglia, Carmignani & Zammori, 2006)	Value Stream Mapping is een hulpmiddel dat gefocust is op de waardestroom van het gehele productieproces. VSM brengt het hele supply chain netwerk in kaart en naast materiaalstromen worden ook alle informatiestromen bijgehouden.	Value Stream Mapping kan worden toegepast met behulp van een aantal stappen. De 1 ^e stap is om de productfamilie te selecteren. De 2 ^e stap is om de huidige status in kaart te brengen. ('Current State Map') De 3 ^e stap is het analyseren van verspillingen in het proces. De 4 ^e stap is om de gewenste situatie te schetsen, ('Future State Map')	Met Value Stream Mapping kunnen verspillingen uit het proces worden gehaald.
Implementing lean manufacturing in high-mix production environment (Horbale, Kagan & Koch, 2008)	Value Stream Mapping wordt gebruikt om de huidige en gewenste situatie te bepalen.	Value Stream Mapping kan worden toegepast door de invloed van activiteiten in het productieproces te bepalen. Er wordt een huidige status bepaald en een toekomstige status door middel van een current en future state Value Stream Map.	Door middel van Value Stream Mapping wordt door het schematisch weergeven van activiteiten toegewerkt naar de gewenste toekomstige situatie.
The Lean toolbox (Bicheno & Holweg, 2009)	Value Stream Mapping is een methode van Lean Management. Bij VSM wordt de situatie in kaart gebracht en worden alle handelingen geanalyseerd.	VSM kan worden gemaakt door middel van observatie van de werkvloer. Aan de hand hiervan kan de huidige situatie systematisch worden getekend. Vervolgens de gewenste, toekomstige situatie getekend worden. Met een implementatieplan wordt het verschil tussen deze twee overbrugd. Als de huidige situatie de toekomstige situatie is geworden, kan er opnieuw een nieuwe, toekomstige, situatie beschreven worden.	Door het steeds vernieuwen van het gewenste proces kunnen verspillingen uit het proces gehaald. Het is nooit mogelijk om de ultieme toekomstige situatie te behalen maar hierdoor wordt het proces wel steeds efficiënter, volgens de methoden van Lean.

Lean Six Sigma Black Belt (Theisens, 2016)	Value Stream Mapping is een techniek waarbij een reeks activiteiten van een productieproces wordt geanalyseerd. Er zijn 3 soorten activiteiten te onderscheiden. Waardetoevoegende activiteiten, niet-waardetoevoegende activiteiten en noodzakelijke activiteiten. De klant betaalt niet voor niet-waardetoevoegende 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) 4. 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 uiteindelijk zoveel mogelijk verspillingen uit het proces te halen, door middel van de niet-waardetoevoegende activiteiten te elimineren.
--	--	---	---

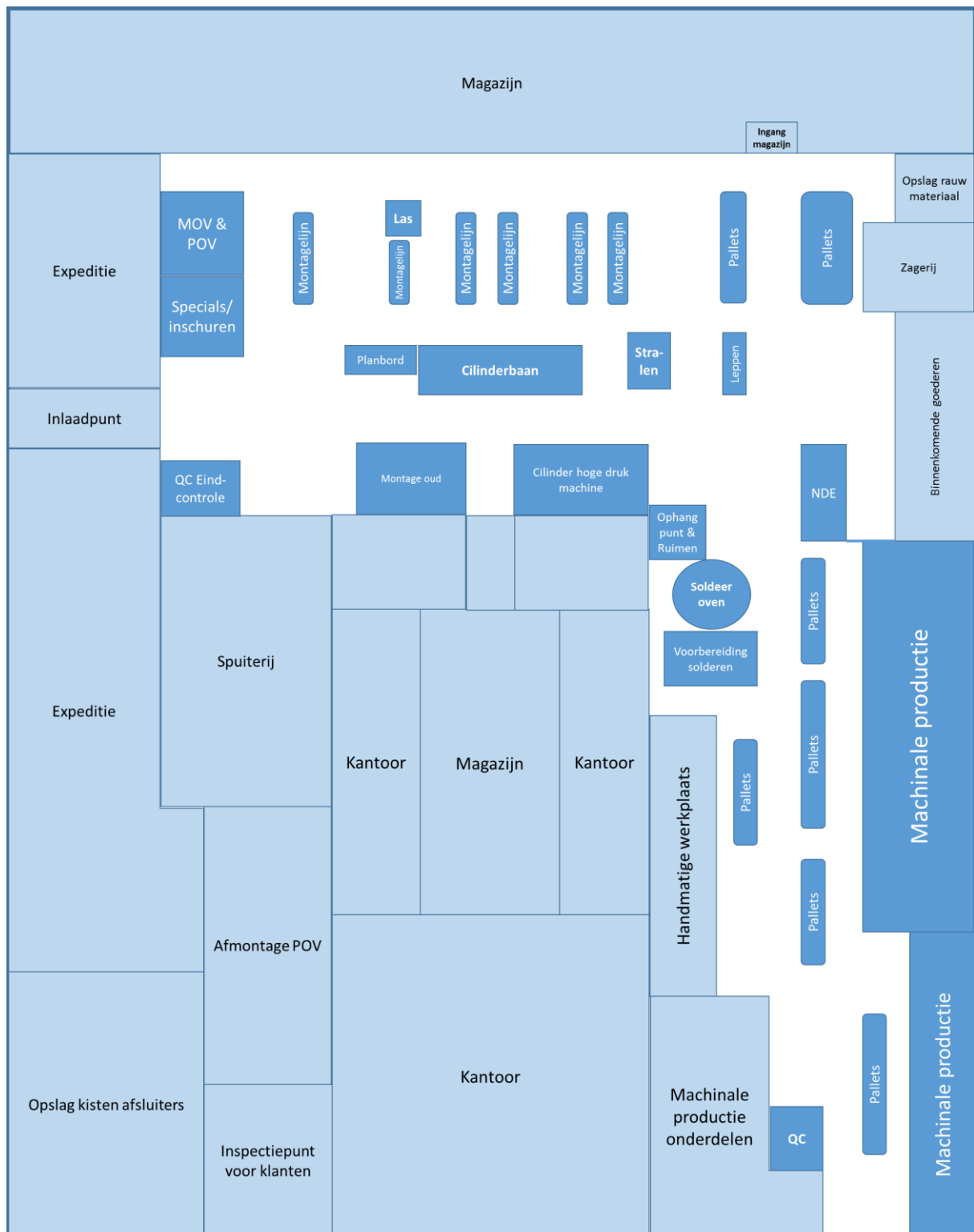
Conceptmatrix Spaghetti-diagram

Bron	Omschrijving spaghetti-diagram	Toepassing	Resultaat
Spaghetti diagram application for workers' movement analysis (Senderska, Mares & Vaclav, 2017)	Voor het ontwerpen van een ideale lay-out kan worden gekozen voor het maken van een spaghetti-diagram. Hiermee worden de bewegingen van werknemers gevisualiseerd.	Een spaghetti-diagram is een methode waarmee de beweging van een persoon of een voorwerp kan worden bekeken aan de hand van een lijn. Hiermee worden alle routes in kaart gebracht en kan gekeken worden naar de afstand die is afgelegd, de overlappende of kruisende bewegingen of het aantal bewegingen.	Met een spaghetti-diagram kunnen inefficiënte bewegingen en ineffectieve gebieden in kaart worden gebracht.
The Lean toolbox (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 de lengte van de route vastgelegd worden.	Door middel van een spaghetti diagram kunnen verschillende verspillingen in kaart worden gebracht, namelijk transport en beweging.
Lean Six Sigma Black Belt (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 om de huidige werkzaamheden efficiënter te laten verlopen

Appendix C: Overzicht afsluiters 2017

In verband met vertrouwelijke informatie is deze bijlage afgeschermd.

Appendix D: Indeling fabriek



Appendix E: Spaghetti-diagrammen

In verband met vertrouwelijke informatie is deze bijlage afgeschermd.

Appendix F: Overzicht bewerkingen per type afsluiter

In verband met vertrouwelijke informatie is deze bijlage afgeschermd.

Appendix G: Alternatieve oplossingen voor het inschuren

Gedurende het onderzoek zijn er enkele oplossingen bedacht om het transport in het proces van het inschuren van afsluiters te verminderen. De beste oplossing is beschreven in paragraaf 5.1 van het rapport. Deze oplossing zorgt ervoor dat al het handmatige transport dat benodigd is voor de bewerking inschuren uit het proces kan worden gehaald. In deze bijlage geven we nog enkele alternatieve oplossingen die zijn gevonden gedurende het onderzoek.

Montage verplaatsen naar afdeling specials

Zoals ondervonden in de probleemanalyse in paragraaf 4.1 worden afsluiters momenteel bij de afdeling specials ingeschuurd. Handmatig worden afsluiters in gemiddelde batches van 15 afsluiters vervoerd naar deze afdeling, waar afsluiters vervolgens na het inschuren weer terug moeten naar het begin van het ophangpunt van de CALDAN-baan. De afsluiters moeten terug naar de CALDAN-baan zodat ze dan naar de juiste montagelijnen kunnen. Een mogelijkheid zou zijn om de montage onderdelen die momenteel bij de montagelijnen liggen, te verplaatsen naar de afdeling specials. Vervolgens zouden afsluiters na het inschuren dan bij specials gemonteerd kunnen worden, mits alle onderdelen op voorraad zijn voor de afsluiters die ingeschuurd worden. De afsluiter kan vanaf de afdeling specials vervolgens na de montage worden opgehangen bij de eindcontrole voor de spuitrij, een handeling dat minder transport vergt dan vanaf de afdeling specials naar het ophangpunt.

Een nadeel aan deze oplossing is dat er dan nog steeds transport plaatsvindt in het proces. Monteurs moeten immers nog steeds lopen met pallets vol afsluiters om de afsluiters bij specials te brengen. Met het gebruik van de testbank op luchtdruk zou het transport voor het testen van afsluiters wel verholpen zijn. Ook moeten monteurs na montage lopen van de afdeling specials naar de eindcontrole. Kortom, de oplossing vermindert het transport voor het inschuurproces, maar een aantal handelingen zijn nog steeds inefficiënt.

Inschuren bij testbank HP oud

HP Valves is momenteel bezig om een testbank op luchtdruk te ontwikkelen. De beschreven oplossing in paragraaf 5.1 gaat er van uit dat deze testbank op de korte termijn op een betrouwbaar niveau kan fungeren. Mocht de testbank op luchtdruk toch niet betrouwbaar blijkt te kunnen worden gemaakt, is er een andere oplossing nodig om het transport te verminderen. Een mogelijke oplossing zou in dat geval zijn om de bewerking inschuren te verplaatsen naar de montage afdeling voor oude afsluiters. Dit heeft namelijk het voordeel dat de testbank naast deze werkplaats staat. De ruimte van de afdeling oude afsluiters moet bij invoering van deze oplossing dan echter wel anders in worden gericht. Bij een eventuele verplaatsing van het inschuren kan er ook onderzoek worden gedaan of de ingeschuurde afsluiters ook op deze afdeling gemonteerd kunnen worden. De afsluiters met een inschuurbewerking leggen met deze oplossing dezelfde (handmatige) verplaatsing af als de oude afsluiters van HP Valves.

Inschuren op beweegbare werkplaats

Een andere mogelijke oplossing om afsluiters in te schuren met minimaal transport is het inschuren op een beweegbare werkplaats. Wanneer de testbank op luchtdruk betrouwbaar is voor HP Valves om afsluiters te testen, bespaart dat veel transport voor de bewerking inschuren. Vanwege de compactheid van de testbank zou deze testbank op een verschuifbare werkplaats kunnen functioneren, waarbij de rest van de beweegbare werkplaats kan worden ingericht met de benodigde materialen en onderdelen voor de bewerking inschuren. Het voordeel van deze beweegbare werkplaats is dat het nooit andere bewerkingen in de weg hoeft te zitten vanwege de verschuifbaarheid van de werkplaats. Echter, de bewerking inschuren behoeft op deze wijze nog wel transport door de werkplaats te verplaatsen. Na de bewerking moet de afsluiter opgehangen worden aan de CALDAN-baan dus zal de werkplaats voor een efficiënt proces met minimaal transport zich wel dichtbij een ophangpunt moeten verstigen.