

LEAN manufacturing in de elektro assemblage

Bachelor projectverslag



Naam	Studentnummer	Opleiding	Instelling	Faculteit
Daan Berghuis	S1503014	TBK	Universiteit Twente	BMS



1e begeleider ARA:
Walter te Brake
Manager Operations

UNIVERSITY OF TWENTE.

1e begeleider UT:
Sandor Löwik

2e begeleider UT:
Leo van der Wegen

Voorwoord

Na een lange tijd, veel langer dan verwacht, is dan toch het verslag van mijn afstudeeropdracht af. Ik heb met veel plezier onderzoek gedaan bij Apparatenfabriek ARA en ik wil dan ook graag iedereen daar bedanken voor de prettige samenwerking. In het bijzonder wil ik graag Walter te Brake, mijn begeleider bij ARA, bedanken, het “Lean team” met wie ik veel heb samengewerkt en de monteurs van de cabinebouw, omdat ze altijd klaar stonden om mijn vragen te beantwoorden en mee te denken. Verder wil ik de heer Van der Wegen en de heer Löwik bedanken voor hun feedback en hulp bij het afronden van mijn project. Ik hoop dat ik ARA ermee geholpen heb en ik wens u veel plezier bij het lezen van dit verslag.

Aalten, 07-09-2016

Samenvatting

In dit verslag is te lezen hoe er onderzoek is gedaan voor Apparatenfabriek ARA naar de doorlooptijd van de assemblage van cabines voor landbouwwerktuigen. De doorlooptijd is veel langer dan ARA had ingeschat en dit leidt tot onvrede bij de klant. Tegelijkertijd is ARA bezig met het doorvoeren van Lean Manufacturing en Quick Response Manufacturing (QRM) methodieken, methodieken die voortkomen uit de ideologie van het continue verbeteren, en deze vragen om veranderingen in het productieproces en de indeling van de productievloer. De productie van de cabines moet dus worden afgestemd op de eisen van Lean en QRM en moet dusdanig versneld worden dat de leverafspraken met de klant gehaald kunnen worden. In dit verslag wordt onderzocht wat er zou moeten veranderen en of de productie kan worden versnelt, door het beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag:

Hoe kan de Manufacturing Critical-Path Time in werkelijkheid worden gereduceerd?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er literatuur onderzoek gedaan naar de theorieën van Lean en QRM en is er geobserveerd. Tijdens deze observaties zijn er ook veel vragen gesteld aan betrokkenen om zo tot een weergave van de huidige situatie te komen, de problemen in kaart te brengen en mogelijke oplossingen te bedenken. Uit deze studie zijn drie hoofdoorzaken voor het probleem naar voren gekomen.

Variatie in productietijd.

De productietijd verschilt veel per order. Dit komt voornamelijk door het verschil in kwaliteit per monteur. Dit verschil zit vooral tussen monteurs die net bij ARA zijn komen werken en monteurs die al langer bij ARA werken. De manier waarop er bij ARA wordt gewerkt is niet geschikt voor onervaren monteurs, waardoor deze veel moeite hebben met achterhalen wat er precies van ze gevraagd wordt en welke handelingen ze wanneer uit moeten voeren.

Onnodige bewegingen.

Tijdens de productie wordt er onnodig veel bewogen door de monteurs. Onnodige bewegingen behoren tot de 8 verspillingen van Lean en moeten per direct worden geëlimineerd. De onnodige bewegingen ontstaan doordat de monteurs niet beschikken over de benodigde materialen en deze zelf moeten zoeken en ophalen. Dit zorgt voor veel tijdverspilling en een lage productiviteit.

Verstoringen en gebrek aan overzicht.

Binnen de cabinebouw wordt er niet gewerkt volgens een vaste planning. Voor de assemblage van een cabine worden meerdere subassemblage gemaakt en deze worden naderhand aan de cabine toegevoegd. Wie wanneer welke subassemblage moet maken wordt bepaald door de teamleider. Deze houdt rekening met de kwaliteit van de monteur maar niet met de capaciteitsbeperkingen. Zo is er een speciale tafel die wordt gebruikt bij het maken van kabelbomen, maar deze kan maar voor één subassemblage tegelijkertijd gebruikt worden. Geregeld moeten monteurs op elkaar wachten omdat de tafel bezet is, daarbij weet niemand wat er nog gedaan moet worden, omdat de teamleider dat ter plekke bepaalt.

De eerste twee hoofdoorzaken hebben effect op de productietijd, het Touch Time gedeelte van de MCT. De laatste hoofdoorzaak heeft effect op de overige tijd, de White Spaces. Met behulp van de theorie van Lean Manufacturing zijn er oplossingen bedacht om het Touch Time gedeelte te verkorten en de QRM gedachte is gebruikt om de White Spaces te reduceren.

Oplossing 1: Een volledig productie dossier.

De reden dat veel monteurs die niet lang in dienst zijn bij ARA meer tijd nodig hebben, is dat het productiedossier niet volledig is. Deze onvolledigheid zorgt ervoor dat de monteur veel vragen heeft en geen idee heeft wat hij moet doen. Ook maakt de monteur onnodig veel fouten, terwijl deze met een simpele opmerking in het productie dossier voorkomen hadden kunnen worden. Door het productiedossier volledig te maken met stappenplan, fotorapportage en belangrijke notities, weet een onervaren monteur ook wat hij moet doen zonder veel vragen te stellen en zal deze veel minder fouten maken.

Oplossing 2: Volledige set gereedschap en grijpvoorraad bakjes.

De onnodige bewegingen van de monteurs zijn gericht op het bij elkaar zoeken en ophalen van gereedschap en kleine onderdeeljes, welke grijpvoorraad worden genoemd. Door elke monteur te voorzien van een volledige set gereedschap waarmee deze alle assemblages binnen een order kan maken, wordt voorkomen dat de monteur gereedschap van collega's moet lenen of gereedschap moet zoeken. De grijpvoorraad kistjes zorgen ervoor dat de monteur niet voor elk klein onderdeelje naar de kast hoeft te lopen. In plaats daarvan kan hij ze uit een kistje pakken die bij hem staat en voor hem wordt aangevuld indien nodig.

Oplossing 3: Een planning plus performance board en aangepaste lay-out.

De oplossing voor de onnodige verstoringen en het gebrek aan overzicht bestaat uit het maken van een planning die rekening houdt met de eisen en beperkingen van het proces, een performance board waarop iedereen kan zien wat er moet gebeuren en wat de voortgang is en een aangepaste layout van de productie vloer waardoor in één oogopslag de werkelijkheid kan worden vergeleken met het performance board. Deze oplossing zorgt voor overzicht structuur en voorkomt verstoringen.

Alle drie de oplossingen zorgen ervoor dat er gestructureerd sneller kan worden geproduceerd. De MCT zal met 5 dagen 1 uur en 45 minuten verkort worden. De huidige MCT is 17 dagen en 2 uur, dus een besparing van ruim 30% kan worden gerealiseerd. Wel zal ARA ervoor moeten zorgen dat monteurs niet in hun huidige werkwijze terugvallen en continue blijven reflecteren en analyseren om verbeteringen in stand te houden. Ook zou ARA nog kunnen kijken of in de toekomst veel handelingen kunnen worden geautomatiseerd om nog meer tijd te besparen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	4
Inhoudsopgave	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Probleemidentificatie	9
1.3 Onderzoeksdoel.....	11
1.4 Probleemaanpak	11
1.5 Probleemhebbers	11
1.6 Afbakening.....	12
1.7 Restricties en eisen van de oplossing	12
2 Theoretisch kader.....	13
2.1 Manufacturing Critical-Path Time (MCT)	13
2.2 Lean manufacturing.....	14
2.2.1 5s	15
2.2.2 Visueel management.....	16
2.3 QRM (Quick Response Management)	16
2.3.1 QRM “tijd denken” versus “kosten denken”	17
2.3.2 QRM in organisatiestructuur	17
2.3.3 Het QRM-getal.....	18
2.4 Hoe verhoudt QRM zich tot Lean?	19
3 Huidige situatie.....	21
3.1 Type 1	21
3.2 Type 2	22
4 Analyse van de MCT	24
4.1 Grey Spaces/Touch Time analyse	24
4.1.1 Variabele productietijd.....	24
4.1.2 Onnodige bewegingen.....	26
4.2 White Spaces analyse	30
4.3 Conclusie van de analyse.....	34
5 Mogelijke oplossingen.....	36
5.1 Oplossingen voor variatie in productietijden.....	36
5.1.1 Oplossing 1.1 – Extra document met stappen in volgorde en fotorapportage.....	37

5.1.2	Oplossing 1.2 – Documenten vervangen voor één productiehandleiding.....	38
5.2	Oplossingen voor onnodige bewegingen.....	38
5.2.1	Oplossing 2.1 – Samenstellen van een basis gereedschap set.....	39
5.2.2	Oplossing 2.2 - Aanleveren van grijpvoorraad vanuit het magazijn.....	40
5.2.3	Oplossing 2.3 – Kistjes met grijpvoorraad per werknemer	40
5.2.4	Oplossing 2.4 – Kistjes met grijpvoorraad per subassemblage.....	41
5.3	Oplossing voor verstoringen en gebrek aan overzicht.....	42
5.4	Keuze en resultaat.....	45
5.4.1	Beslissingscriteria	45
5.4.2	Keuze voor oplossingen voor variatie in productietijd en resultaat	46
5.4.3	Keuze voor oplossingen voor onnodige bewegingen en resultaat	49
5.4.4	Resultaat door de oplossing voor verstoringen en gebrek aan overzicht.....	50
5.4.5	Conclusie	51
6	Implementatiestrategie.....	52
7	Conclusie, discussie en aanbevelingen.....	54
	Bibliografie	56
	Appendices	58
	Appendix A: Een volledig afgebouwde Cabine.....	58
	Appendix B: Plattegrond cabinebouw.....	58
	Appendix C: Speciale tafel met maten voor assemblage kabelbomen	59
	Appendix D: Spaghetti diagram.....	59
	Appendix E: Kruistabel voor bewegingen en onderlinge afstand	59
	Appendix F: Excelbestand voor Gantt Chart order 206784.....	59
	Appendix G: Bouwtekening kast 4W-besturing	60
	Appendix H: Wiring List kast 4W-besturing.....	60
	Appendix I: Kabelschema kast 4W-besturing.....	60
	Appendix J: Quality checklist kast 4W-besturing	60
	Appendix K: Stuklijst kast 4W-besturing	60
	Appendix L: 5s diagrammen	60
	Appendix M: Performance board op dag 10	60

1 Inleiding

Apparatenfabriek ARA in Aalten is een productiebedrijf, dat samen met haar klanten een product ontwikkelt en delen van dit product in productie neemt. Ara is dus een producent van subassemblages.

Apparatenfabriek ARA levert technisch hoogwaardige producten aan haar klanten en beheert deze. Daarbij wordt constant gestreefd naar ontwikkeling van de kennis en kunde op gebied van engineering en de productie van technische modules. Hierin spelen klanten en kennisinstituten als universiteiten en hogescholen ook een rol. Samen met de klant worden per product de beste productiemethodes ontwikkeld en studenten dragen bij aan de ontwikkeling van de verschillende kennisgebieden (Apparatenfabriek ARA BV).

De volgende kennisgebieden worden bestreken binnen ARA:

- Embedded hardware en software development (PCB)
- Hardware en software engineering
- Mechanical engineering

ARA werkt met verschillende productie afdelingen. Deze afdelingen zijn:

- Printed Circuit Board productie, SMD en Through Hole componenten
- Panelenbouw
- Mechatronische assemblage
- Plaatwerkerij

1.1 Aanleiding

Walter te Brake, Manager Operations, is de afgelopen 2,5 jaar bezig geweest met het optimaliseren van de productiefloor binnen alle productielijnen. Hij verwacht verbeteringen te kunnen realiseren door middel van het doorvoeren van de principes van Lean Manufacturing en Quick Response Manufacturing (QRM). Lean en QRM zijn twee verschillende visies op het gebied van het continue verbeteren van het proces en deze principes worden in hoofdstuk 2 verder beschreven. Om deze visies zo goed mogelijk te kunnen implementeren in de bedrijfsvoering volgt het gehele management team een cursus Lean aan de HAN (Hogeschool Arnhem Nijmegen), waarin ook veel aandacht wordt besteed aan QRM.

De aanleiding voor de vraag naar verbetering is de steeds toenemende druk op de levertijden. Leverafspraken worden vaak niet gehaald en dit brengt de nodige kosten met zich mee. Ook maakt het bedrijf momenteel een enorme groei door. De omzet is in korte tijd verdubbeld, maar de capaciteit kan niet met deze groei meekomen. Er is beperkt ruimte voor meer productielijnen of meer werknemers, dus er moet gezocht worden naar een andere manier om de capaciteit te vergroten. In plaats van meer productielijnen en meer medewerkers wordt er nu gezocht naar methodes om productielijnen en medewerkers efficiënter te laten werken.

De heer te Brake is zelf een onderzoek gestart waarin hij binnen elke productielijn op zoek is gegaan naar problemen. Hij heeft alle werknemers gevraagd aan te geven tegen welke problemen zij aanlopen en heeft hier een lijst van gemaakt. Vervolgens heeft hij de productievloer opgedeeld in cellen om meer overzicht te krijgen in het productieproces. Zijn plan is nu om per cel de problemen te

eliminieren en het proces te optimaliseren. Hiervoor heeft hij voor elke cel een verantwoordelijke aangewezen.

Een van die cellen is de Elektro-assemblage. De productie binnen de elektro-assemblagelijns loopt niet optimaal en er moet een onderzoek komen naar wat er mis gaat en hoe de problemen kunnen worden opgelost. Het grootste probleem waar de Elektro-assemblage mee kampt, is dat de levertijden niet gehaald worden. De werkelijk benodigde tijd voor het maken van een product valt hoger uit dan de voorspelde benodigde tijd.

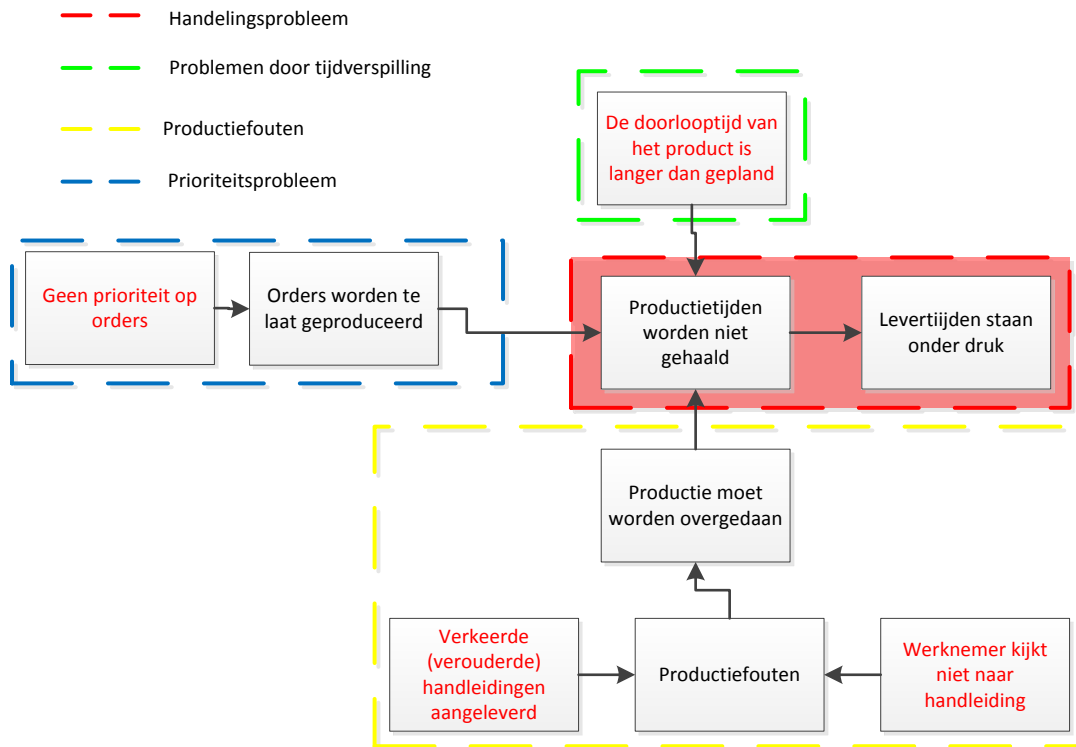
De elektro-assemblage is opgedeeld in meerdere onafhankelijke zelfsturende teams. Een van deze teams is dat van de modulebouw. Het modulebouw team produceert subassemblages voor verschillende klanten en voor deze klanten zijn onafhankelijke productielijnen ingedeeld. Eén van deze productielijnen is ingericht voor het produceren van modules voor in cabines van landbouwwerktuigen en het inbouwen ervan (zie Appendix A). Deze cabines worden door klant A geleverd en ARA bouwt de modules in deze cabine, waarna klant A de cabines weer op kan halen. Dit proces verloopt niet zoals gewild en dat is de aanleiding voor deze bacheloropdracht. Er zal dus vooral gekeken worden naar de cabinebouw en de mogelijke verbeteringen in dit proces.

1.2 Probleemidentificatie

Tijdens de probleemidentificatie wordt de aanleiding van het probleem verder onderzocht. Er wordt gezocht naar de problemen die zich voor doen rondom de aanleiding en daarbij wordt gekeken of het ene probleem mogelijk een oorzaak of gevolg is van een ander probleem. Deze problemen en de relaties hiertussen worden weergegeven in een probleemkluwen. Deze probleemkluwen helpt bij het identificeren van de mogelijke kernproblemen. Een van de kernproblemen wordt gekozen om daadwerkelijk aan te gaan (Heerkens & Van Winden, 2012).

De productie in de cabinebouw verloopt niet optimaal. Dit is een probleem, maar wat betekent niet optimaal, waarom loopt het niet optimaal en hoe kunnen we ervoor zorgen dat het wel optimaal gaat lopen? Dus, hoe lossen we het probleem op? Een methode om erachter te komen hoe complex het probleem is en waar je moet beginnen om het op te kunnen lossen is het maken van een probleemkluwen. Een probleemkluwen is een weergave van alle problemen binnen een proces en de oorzaak-gevolg-relaties tussen deze problemen. Door deze relaties weer te geven kun je een of meerdere kernproblemen, problemen die geen gevolg van een ander probleem en beïnvloedbaar zijn, identificeren. (Heerkens & Van Winden, 2012)

Naar aanleiding van gesprekken met de manager operations en een globale analyse is er een probleemkluwen opgesteld voor de cabinebouw. Deze probleemkluwen is terug te vinden in Figuur 1-1. De problemen die in rode tekst zijn weergegeven, zijn zogeheten kernproblemen. Deze problemen hebben geen bekend probleem als oorzaak, staan aan het eind van de keten en zijn beïnvloedbaar. De probleemhebbende zal deze kernproblemen op moeten lossen om verbetering te kunnen realiseren.



Figuur 1-1: Probleemkluwen cabinebouw

Vanwege de beperkte tijd voor de opdracht is er de keuze gemaakt om één van de kernproblemen te gaan analyseren en oplossen. Besloten is om het kernprobleem “*De doorlooptijd van het product is langer dan gepland*” aan te gaan pakken, omdat dit probleem een grote impact heeft op de leverbetrouwbaarheid en daarmee de klanttevredenheid. Ook zorgt dit probleem voor verstoringen in de interne supply chain.

Om het verschil tussen de norm en de werkelijkheid te kunnen achterhalen, moet het kernprobleem zo concreet mogelijk worden geformuleerd. Een manier om dit te doen is door de norm en de werkelijkheid in één zin te voegen (Heerkens & Van Winden, 2012).

De norm is in dit geval dat de productie klaar moet zijn in de periode die hiervoor bepaald is. De doorlooptijd van het product is in de huidige situatie langer dan gepland, waardoor levertijden niet worden gehaald. De term doorlooptijd kent veel definities en het is vaak niet duidelijk om welke periode het gaat. Wat is het startpunt van de meting en wat is het eindpunt? QRM heeft zijn eigen definitie van de doorlooptijd, de *Manufacturing Critical-Path Time (MCT)*. Dit is de volledige periode tussen het binnen komen van de bestelling en het afleveren van het product. ARA is bezig met het implementeren van QRM, dus zal deze definitie van de doorlooptijd hanteren. Het kernprobleem is dus als volgt:

“De MCT van het product is langer dan gepland”

In Paragraaf 2.3 volgt een uitgebreide beschrijving van QRM en de MCT.

1.3 Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is om het kernprobleem, “*De MCT van het product is langer dan gepland*”, op te lossen. Om tot de oplossing te komen moet de volgende hoofdvraag worden gesteld:

Hoe kan de MCT worden gereduceerd?

Deze onderzoeksvraag vormt het handelingsprobleem voor het onderzoek.

1.4 Probleemaanpak

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag, is er veel informatie nodig. Om deze informatie te krijgen is de hoofdvraag opgedeeld in een aantal deelvragen. De antwoorden van deze deelvragen zullen gezamenlijk het antwoord op de hoofdvraag vormen. Hieronder staan de deelvragen in de volgorde waarop ze in dit verslag worden behandeld.

1. **Wat is MCT, Lean en QRM? (H.2)** Allereerst zal onderzoek moeten worden gedaan naar wat Lean, QRM en MCT precies is. Om de MCT te kunnen verkorten zal eerst duidelijk moeten worden waaruit de MCT is opgebouwd en hoe deze wordt gemeten. Vervolgens zal er gekeken moeten worden naar wat Lean en QRM is en op welke manier deze principes in relatie staan tot de MCT.
2. **Hoe is de cabinebouw ingedeeld en wat is hierin de rol van de werknemers? (H.3)** Voordat er onderzoek kan worden gedaan naar mogelijke problemen en verbeteringen, zal de huidige situatie in kaart moeten worden gebracht.
3. **Waarom is de MCT zoveel langer dan verwacht?** Nadat de huidige situatie in kaart is gebracht kan er een analyse worden gedaan naar de opbouw van de MCT en waarom deze langer is dan verwacht. Uit deze analyse zullen problemen naar voren komen, die de oorzaak zijn van de langere MCT.
4. **Hoe kunnen de oorzaken voor de langere MCT worden voorkomen?** Het doel van het onderzoek is om een manier te vinden om de MCT te verkorten. Er zal dus naar een oplossing gezocht moeten worden, voor de problemen die de MCT verlengen.
5. **Welk van de oplossingen zou ARA moeten kiezen?** Een probleem kan meerdere oplossingen kennen. Elke oplossing heeft voor en nadelen en vraagt om een bepaalde aanpak. Aan de hand van enkele eisen zal ARA de beste oplossing moeten kiezen.
6. **Hoe zouden de gevonden oplossingen het best kunnen worden geïmplementeerd?** Tot slot zal er een implementatieplan moeten worden opgesteld, die de implementatie van de oplossingen soepel zal laten verlopen.

1.5 Probleemhebbers

Bij dit onderzoek zijn meerdere partijen betrokken en het is van belang om deze in kaart te brengen, omdat met deze partijen rekening moet worden gehouden bij het mogelijk doorvoeren van veranderingen. Het doel is om tot een oplossing te komen die voor alle partijen optimaal is.

De eerste partij die betrokken is bij het onderzoek, is het cabinebouwteam. De monteurs en de teamleider gaan merken dat er onderzoek wordt gedaan en zullen tijd kwijt zijn aan het beantwoorden van vragen tijdens dit onderzoek. Verder zullen ook vooral de mensen binnen dit team de gevolgen van de verandering merken. Hun dagelijkse bezigheden veranderen misschien wel volledig.

De tweede partij is Klant A, voor wie er geproduceerd wordt. Deze klant zal geen veranderingen merken in het product, maar wellicht in de kwaliteit, de leverbetrouwbaarheid of de levertijd.

De derde partij is het management team en voornamelijk de manager operations. Hij zal rekening moeten houden met de nieuwe planning en ook de klant moeten inlichten. Deze zal de veranderingen namelijk ook merken en wellicht met vragen en opmerkingen komen.

Tot slot zullen de oplossingen ook effect hebben op het magazijnteam. Het voorraadbeheer zal veranderen, evenals het aanleveren van de orders.

1.6 Afbakening

Vanwege de beperkte tijd van 10 weken, zal de opdracht gericht zijn op het cabinebouwteam binnen de modulebouw afdeling. Er zal onderzoek gedaan worden naar de mogelijkheden tot het verkorten van de doorlooptijd en het verhogen van de productiviteit. Er zal worden gekeken naar het volledige productieproces binnen de elektromontage. De mechanische montage en overige voorgaande bewerkingen zullen niet in het onderzoek worden meegenomen.

Er zal niet worden gekeken naar automatisering van het proces. Dit heeft te maken met één van de doelen van ARA, het behouden van arbeidsplaatsen in de technische sector in de Achterhoek. De focus zal dus liggen op het reduceren van verspillingen in het huidige proces en niet op het vervangen van handelingen door geautomatiseerde handelingen.

1.7 Restricties en eisen van de oplossing

De eerste eis is dat de oplossingen passen binnen het kader van Lean Manufacturing en QRM. ARA is bezig met het implementeren van deze theorieën over de gehele bedrijfsvoering, dus ook in de cabinebouw. In hoofdstuk 2 worden de theorieën uitgebreid beschreven.

De tweede eis is dat de kwaliteit van de producten niet onder de veranderingen mag lijden. De kwaliteit is één van de sterke punten van ARA en deze moet dus gewaarborgd worden. Verder garandeert ARA Track & Trace op al haar producten. Dit houdt in dat onderdelen een unieke code hebben, die ervoor zorgen dat bij complicaties direct achterhaald kan worden welke producten hiermee te maken hebben. Dit is een kwaliteitsrestrictie en zal gewaarborgd moeten worden.

Een restrictie is het aantal werknemers beschikbaar. ARA wil de productie van een order voor Klant A door 4 man laten uitvoeren. Deze 4 monteurs zijn fulltime medewerkers, die 40 uur per week inzetbaar zijn. Het cabinebouwteam bestaat uit vaste mensen en deze mensen werken alleen aan orders voor Klant A. Dit betekent dat niemand anders aan orders voor Klant A mag werken, maar het betekent ook dat de werknemers van het cabinebouwteam niet aan iets anders mogen werken. Dit is een restrictie die voortkomt uit de QRM gedachte.

Ook is het niet mogelijk om in ruimte uit te breiden. De indeling van de vloer kan worden veranderd, maar er is geen mogelijkheid om de ruimte te vergroten.

2 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt het theoretisch kader van de opdracht toegelicht en antwoord gegeven op de eerste deelvraag: “Wat is MCT, Lean en QRM?”. Er wordt beschreven welke theorieën en methoden zullen worden toegepast om de deelvragen te kunnen beantwoorden, de problemen te analyseren en de oplossingen te genereren. Zo zal de filosofie van Lean manufacturing aan bod komen om de efficiëntie in de productie te verhogen, maar er zal ook gekeken worden naar de principes van QRM (Quick Response Manufacturing) om de doorlooptijden van de productie te verkorten.

2.1 Manufacturing Critical-Path Time (MCT)

MCT is een definitie van de doorlooptijd, die is ontstaan uit de QRM gedachte. Het traditionele management gebruikt de term doorlooptijd, maar volgens QRM brengt het beoordelen van de productie op basis van de doorlooptijd een gevaar met zich mee, want welke doorlooptijd moet worden gehanteerd? De externe doorlooptijd, de tijd die de klant moet wachten op het product, of de interne doorlooptijd, de tijd die nodig is om van de inzet van een order tot een eindproduct te komen? En er zijn nog veel meer doorlooptijddefinities om uit te kiezen (Suri, 2011).

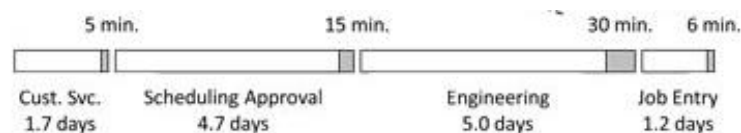
Hiervoor heeft de QRM methode een oplossing en dat is de Manufacturing Critical-Path Time (MCT). Deze doorlooptijdmeting is speciaal ontwikkeld en wordt als volgt gedefinieerd:

“De MCT is een representatieve hoeveelheid kalendertijd vanaf het moment waarop een klant een order plaatst, het kritieke pad volgend, tot de eerste levering van deze order aan de klant.”

(Suri, 2011)

Het gaat hier om een representatieve hoeveelheid. Dit wil zeggen dat een globale MCT al genoeg is om de basis te vormen voor verbeteringen. Er hoeven dus geen complexe berekeningen worden uitgevoerd. Het is belangrijk om te meten in kalendertijd en niet in werkdagen van het bedrijf, omdat de kalendertijd de tijd is die de klant ervaart (Suri, 2011).

Uit de definitie van de MCT blijkt dat het gaat om de totale tijd tussen het plaatsen van de order en het ontvangen van de order. In het ideale geval wordt er in deze periode constant aan de order gewerkt. In de realiteit is dit vaak niet het geval. Productie wordt geregeld stil gelegd, omdat het moet wachten of orders liggen eerst een paar dagen op het bureau voordat ze de vloer op worden gestuurd. De momenten dat er echt een bewerking plaatsvindt, worden de “Grey Spaces” genoemd en de momenten dat de order wacht, zijn de “White Spaces” (zie Figuur 2-1). De grey en white spaces vormen samen de MCT (Suri, 2011).



Figuur 2-1: De MCT opgebouwd uit Grey Spaces en White Spaces (Suri, 2011)

2.2 Lean manufacturing

Lean manufacturing is een methodiek om klantgericht te produceren (Lean is dus geen doel, maar een visie die bijdraagt aan het bereiken van je doel), ontwikkeld op basis van de volgende vijf principes (Maes & Wiegel, 2015):

1. Specificeer wat waarde is vanuit het perspectief van de klant
2. Doe alleen de stappen die waarde toevoegen en elimineer de rest
3. Zorg voor flow in de waardeketen
4. Doe alleen dat wat door de klant wordt gevraagd en doe dit precies op tijd
5. Streef naar perfectie

Voor het specificeren wat waarde is voor de klant, moet worden gekeken naar datgene waar de klant voor wil betalen. Als een klant echt iets wil en bereid is ervoor te betalen dan is dat volgens de klant waarde. Elke stap waar de klant niet voor wil betalen moet dus worden geëlimineerd (Maes & Wiegel, 2015).

Wat zijn niet-waardetoevoegende stappen? Niet-waardetoevoegende stappen zijn stappen die kunnen worden gerelateerd aan de acht verspillingen van Lean. In Figuur 2-2 zijn deze 8 verspillingen weergegeven. Alle activiteiten die leiden tot een van de acht verspillingen moeten volgens de Lean manufacturing methodiek worden geëlimineerd. Voordat er wordt gekeken naar welke activiteiten kunnen worden verbeterd, moet er worden achterhaald of het proces op zich nog wel relevant is. Het heeft geen nut om een overbodig proces te optimaliseren. Beter is om het proces volledig achterwege te laten (Maes & Wiegel, 2015).



Figuur 2-2: De acht verspillingen van Lean (Groothuis, 2016)

Flow toevoegen in de waardeketen is ervoor zorgen dat producten vloeiend door de organisatie stromen zonder te stoppen, waardoor er geen wachttijden en voorraden ontstaan. De producten zijn constant in beweging en ondergaan voortdurend een waardetoevoegende bewerking. Om flow te kunnen creëren moeten overgangen van afdelingen naadloos verlopen. Barrières tussen afdelingen moeten dus worden weggenomen en een afdeling moet alleen produceren als de volgende afdeling

er om vraagt. Ook is de kwaliteit belangrijk om flow te realiseren. Als er fouten worden ontdekt die in een eerder stadium zijn gemaakt, moet het product helemaal terug en moeten alle tussenliggende stappen nog een keer worden doorlopen (Maes & Wiegel, 2015).

Het vierde principe, alleen doen wat de klant vraagt en precies op tijd, is de lastigste om uit te voeren. De totale bedrijfsvoering moet worden uitgevoerd vanuit het perspectief van de klant. De klant moet de trigger zijn van de productie. Dit kan een externe klant zijn, maar ook een interne klant. Een interne klant is dan de volgende productiestap. Een methode om de klant de trigger te laten zijn is het kanban systeem. Dit systeem werkt met signalen die aangeven wanneer een productiestap zonder werk zit en dus vraagt om nieuw werk. Dit moet komen van de vorige productiestap, dus die moet aan de slag en geeft hiervoor op zijn beurt een signaal aan de voorgaande bewerking (Maes & Wiegel, 2015).

Door de volgende productiestap te laten bepalen wanneer en hoeveel er moet worden geproduceerd, wordt er “pull” gecreëerd. Pull is de tegenhanger van Push. Met push bepaalt de planning van het bedrijf wat er geproduceerd moet worden en wanneer. Deze productie begint bij de eerste stap en wordt zo door het proces geduwd. Bij pull wordt achteraan begonnen en de laatste stap bepaalt of er geproduceerd gaat worden of niet. Het grote verschil tussen pull en push is dat er bij push wordt geproduceerd ook als er minder klantvraag is, terwijl er bij pull alleen wordt geproduceerd als er vraag is en nooit meer dan gevraagd (Maes & Wiegel, 2015).

Het laatste principe, streven naar perfectie, vraagt om continue verbeteren. De wereld om het bedrijf heen verandert constant en een bedrijf moet meegaan om te kunnen blijven concurreren. Eenmalig veranderingen doorvoeren en daarna niet meer omkijken naar de prestaties van het bedrijf leidt op de lange termijn weer tot verslechterende prestaties.

Om de visie van Lean gemakkelijk te kunnen realiseren zijn er enkele tools bedacht en in paragraaf 2.2.1 en 2.2.2 zijn twee van deze tools beschreven.

2.2.1 5s

De 5s methode is gericht op het overzichtelijk maken van de productievloer. Veel tijdsverspilling komt voort uit slordigheid en wanorde op de productievloer en de 5s methode is bedoeld om dat te voorkomen. 5s staat voor de vijf stadia, waarvan de benamingen beginnen met een s, waarin een productievloer zich kan bevinden. Deze stadia zijn:

1. Scheiden (*seiri*). Haal alles weg wat niet nodig is en behoudt alleen dat wat strikt noodzakelijk is (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013 7th edition).
2. Sorteren (*seiton*). Leg alles op een logische plek waar het gemakkelijk te bereiken is en snel terug te vinden wanneer nodig (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013 7th edition).
3. Schoonmaken (*seiso*). Hou alles schoon en opgeruimd (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013 7th edition).
4. Standaardiseren (*seiketsu*). Behoud de geordende en nette werkplekken (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013 7th edition).
5. Systematiseren (*shitsuke*). Ontwikkel een systeem om werknemers te activeren in het behouden van gestructureerde werkplekken (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2013 7th edition).

5s moet niet alleen worden geïmplementeerd als het bedrijf behoefte voelt om op te ruimen. 5s staat niet gelijk aan schoonmaken, maar is veel meer. Er zijn drie “echte” doelen om 5s te implementeren:

- Verspilling elimineren
- Variatie verminderen
- Productiviteit verhogen

Indien er vraag is naar deze veranderingen en er een goed plan is opgesteld zal 5s de juiste methode zijn om structureel verbetering te verwezenlijken (Bicheno & Holweg, 2009).

2.2.2 Visueel management

Lean is een visie gebaseerd op gezond boeren verstand. Iedereen zou de Lean filosofie moeten kunnen toepassen. “Het is geen rocket science (Maes & Wiegel, 2015).” Een simpele methode om voor iedereen overzichtelijk te maken wat er gedaan wordt en gedaan moet worden is visueel management. Visueel management is een sleutel thema in Lean productie en zorgt ervoor dat in een enkele oogopslag duidelijk is in welk stadium productie zich bevindt en of er problemen zijn.

Manieren om visueel management te realiseren zijn het gebruik maken van lampen in verschillende kleuren die aangeven in welk stadium een machine zich bevindt of het plaatsen van een performance bord waarop te zien is welke werknemer wat doet, wat er al gedaan is en wat er nog gedaan moet worden. Een ander voorbeeld is het gebruiken van “Red Tags”. Deze worden gebruikt om een probleem aan te duiden waar het productieteam zelf niet uit kan komen. Red taggen kan gebeuren door stickers te plakken op het product, een rode lamp aan te zetten of door producten in een rood vak te zetten.

2.3 QRM (Quick Response Management)

QRM is een bedrijfsbrede strategie om doorlooptijden in de gehele operatie te reduceren, zowel intern als extern. Het extern aspect betreft het oogpunt van de klant. Het gaat dan om het snel ontwikkelen en fabriceren van een product volgens een klant specifieke vraag. Het interne aspect betreft het verkorten van de doorlooptijden in alle takken binnen de gehele operatie, dus niet alleen de productie. De QRM implementatie zal uiteindelijk leiden tot kortere doorlooptijden, hogere kwaliteit, lagere kosten en een snellere reactie op de vraag van de klant (Suri, 2011).

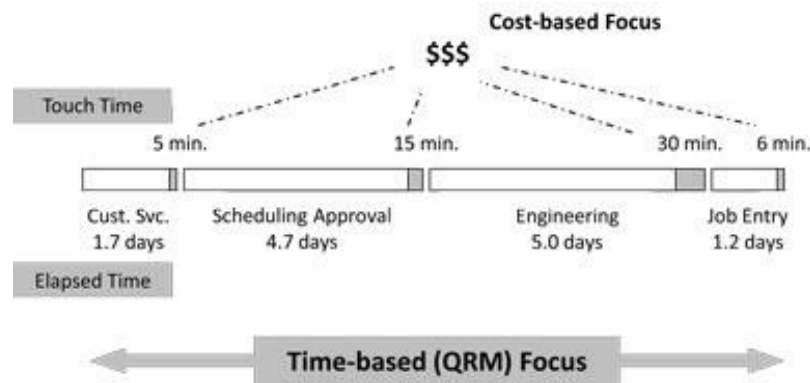
De QRM strategie is gebaseerd op vier basisconcepten (Suri, 2011):

- De kracht van tijd
- Organisatiestructuur
- Systeemdynamica
- Bedrijfsbrede toepassing

Dit laatste principe kenmerkt het succes van QRM. Waar Lean manufacturing de focus heeft op het productieproces, neemt QRM de gehele organisatie onder de loep. Verder is het bij de traditionele managementprincipes gebruikelijk om een beslissing te nemen op basis van kosten, terwijl QRM zegt dat er maar naar een ding moet worden gekeken en dat is de doorlooptijd. “Tijd denken” wordt dit genoemd (Suri, 2011).

2.3.1 QRM “tijd denken” versus “kosten denken”

In paragraaf 2.1 is het verschil tussen kosten denken en tijd denken al benoemd naar aanleiding van Figuur 2-1. De traditionele managementovertuiging richt zich vooral op de grijze blokjes (touch time), dit is de periode waarin er werkelijke bewerkingen plaatsvinden, terwijl QRM ook kijkt naar de witte blokken (White Spaces), de periode waarin de order ligt te wachten. Uit Figuur 2-1 is direct af te leiden dat er in die situatie veel meer tijd bespaard kan worden buiten de daadwerkelijke bewerkingen om dan wanneer de productie versneld wordt.

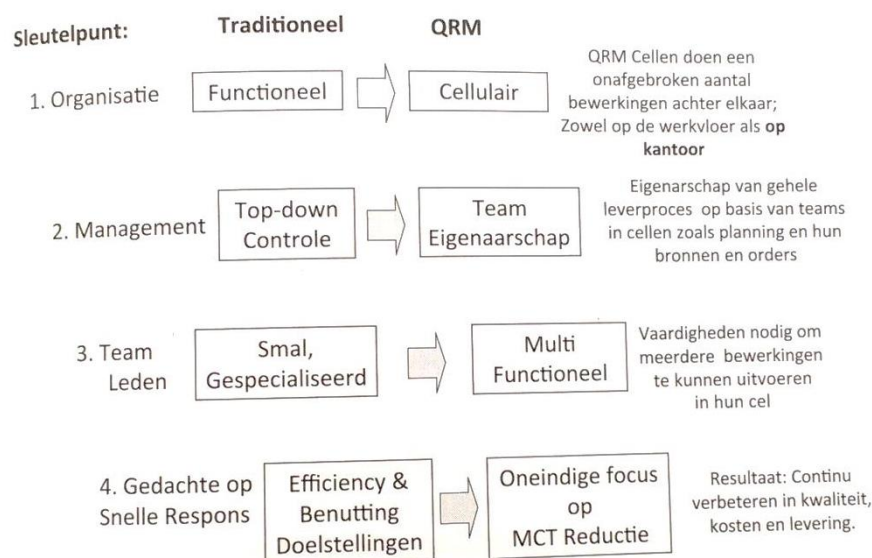


Figuur 2-3: Verschil tussen "tijd denken" en "kosten denken"

Figuur 2-3 geeft een duidelijk verschil weer tussen de traditionele overtuiging om kosten te besparen en de QRM overtuiging om tijd te besparen. De analyse in dit projectverslag kent een tweedeling gebaseerd op dit verschil. In paragraaf 4.1 zal de “Touch Time” worden geanalyseerd met behulp van de theorie van Lean Manufacturing, terwijl in de paragraaf 4.2. de “Elapsed Time” zal worden geanalyseerd op basis van de QRM overtuiging.

2.3.2 QRM in organisatiestructuur

Volgens de principes van QRM zijn er vier structurele veranderingen nodig voor een snelle respons, ofwel een korte MCT. Deze veranderingen zijn weergegeven in Figuur 2-4.



Figuur 2-4: De vier veranderingen in de organisatiestructuur die leiden tot een snellere respons (Suri, 2011)

De eerste verandering is die van het indelen van de operatie op basis van QRM cellen. Het bedrijf moet niet langer worden opgesplitst in functionele afdelingen, maar in deze QRM cellen. De definitie van een QRM cel is: *“Een geheel van een aantal toegewijde, samengevoegde, multifunctionele bronnen, zo gekozen dat deze bronnen een aantal achtereenvolgende bewerkingen compleet kunnen uitvoeren voor alle orders die tot deze FTMS behoren.”*

De afkorting FTMS in de bovenstaande definitie staat voor Focused Target Market Segment. Het FTMS is door het bedrijf zelf te bepalen en betreft een bepaald aantal bewerkingen met een vast resultaat. Zo zal verder in dit verslag blijken dat voor deze opdracht de FTMS is: de elektrische assemblages van de cabines voor klant A. Deze FTMS is dus specifiek gericht op één klant en op een bepaalde productiefase van het product, namelijk het elektrische deel. Alle stappen en bewerkingen die nodig zijn om de elektrische assemblages te produceren vallen dus binnen de QRM cel en alle andere stappen en bewerkingen om de cabine te bouwen vallen in een andere cel.

2.3.3 Het QRM-getal

Het doel van QRM is om de MCT te verkorten en daarmee ook de responstijd te verkleinen. Om de verbetering te meten zou het verschil in MCT kunnen worden bepaald, maar QRM heeft een eigen meeteenheid ontwikkeld die de voortgang in kaart brengt. Deze meeteenheid is het “QRM-getal”. Het QRM-getal wordt berekend door de MCT van de basisperiode te delen door de nieuwe MCT in de QRM cel en de uitkomst te vermenigvuldigen met 100. In Vergelijking 2-1 is de formule voor het QRM-getal genoteerd (Suri, 2011).

$$\text{Huidig}_{\text{QRM-getal}} = \frac{\text{MCT}_{\text{Basisperiode}}}{\text{MCT}_{\text{Huidige Periode}}} \times 100$$

Vergelijking 2-1: Berekening QRM-getal

Waarom is het QRM-getal bedacht en waarom kan de MCT zelf niet als meeteenheid worden gebruikt? Er zijn meerdere redenen waarom het QRM-getal een betere meeteenheid is dan de MCT zelf. De eerste is dat het QRM-getal stijgt wanneer de MCT daalt. Verbetering wordt eerder geassocieerd met een stijgende lijn dan met een dalende lijn, daardoor werkt het meer motiverend om het stijgende QRM-getal te presenteren dan de dalende MCT (Suri, 2011).

De tweede reden om het QRM-getal te gebruiken is dat deze rekening houdt met de relatieve verbetering. In het begin is het gemakkelijk om verbeteringen te verwezenlijken, het laaghangende fruit wordt dat genoemd. Naarmate het QRM project vordert wordt het steeds lastiger om te blijven verbeteren, dus de afname van de MCT vlakt af. Dit kan leiden tot ontmoediging en het uiteindelijk staken van de verbeteringen. Het QRM-getal blijft stijgen, wat ervoor zorgt dat het team gemotiveerd blijft en verbeteringen langer worden gerealiseerd (Suri, 2011).

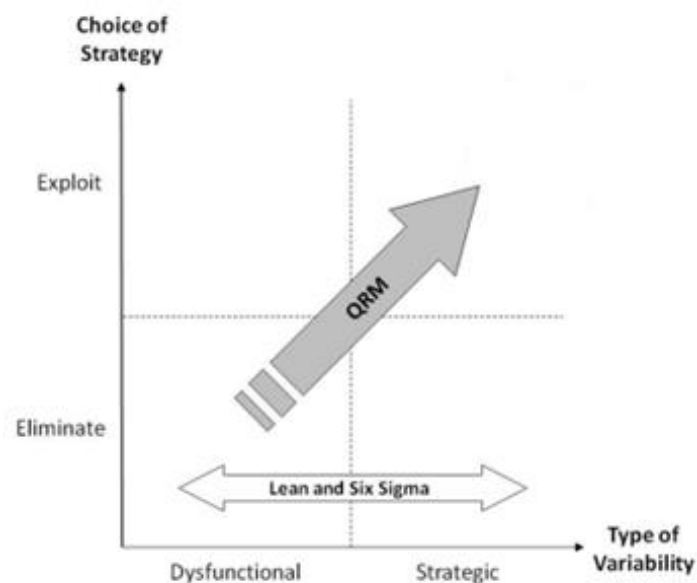
De derde en laatste reden om het QRM-getal te gebruiken is dat doormiddel van dit getal cellen met elkaar vergeleken kunnen worden, dus de concurrentie met elkaar aan kunnen gaan. De MCT is hier niet geschikt voor, omdat de processen binnen de cellen volledig verschillend zijn. De ene cel heeft nou eenmaal meer tijd nodig dan de ander. Door het QRM-getal te gebruiken wordt de individuele verbetering van de cellen gemeten en die kunnen wel vergeleken worden (Suri, 2011).

2.4 Hoe verhoudt QRM zich tot Lean?

De hoofdprincipes van Lean, zoals “takttijden” en “kanban” zijn ontwikkeld om flow te creëren in routine productie met grote volumes en weinig variatie. QRM is echter ontwikkeld om productie in kleine series en met grote variabiliteit te optimaliseren. Door deze definities lijken beide strategieën niet samen te kunnen gaan, maar dat is niet zo. Beide strategieën worden namelijk gebruikt met het doel om verspillingen te elimineren en klantgericht (Just in Time) te produceren, hiervoor kan een toepassing van beide leiden tot het beste resultaat (Suri, 2011).

Binnen QRM bestaan er twee groepen variatie binnen het productieproces. Dit zijn de disfunctionele variatie en de strategische variatie. Bij de eerste groep gaat het om verstoringen van het proces door fouten of een slechte organisatie of een slecht proces. Voorbeelden hiervan zijn: herstel, verschuivingen in prioriteit en opleverdata en voortdurend grote vraag door slechte communicatie tussen Verkoop en de klanten. De strategische wijzigingen worden gebruikt om concurrerend te blijven, maar deze kunnen in sommige processen als storingen worden ervaren. Zo zouden er klant-specifieke aanpassingen gedaan kunnen worden aan bepaalde onderdelen voor een individuele order of wordt per klant een verschillend aantal opties aangeboden (Suri, 2011).

Lean technieken zijn bedoeld om alle variatie uit het proces te elimineren. QRM zal zich alleen richten op het elimineren van de disfunctionele variatie. Dus in eerste instantie lopen de principes van QRM en Lean parallel en zullen deze gefocust zijn op het elimineren van de disfunctionele variatie. De strategische variabiliteit mag echter volgens QRM niet worden aangetast, maar moet zelfs meer worden ontwikkeld en benut, dus er moet goed worden gekeken waarvoor Lean wel en niet kan worden toegepast. Het verschil tussen de strategie van QRM en Lean wordt duidelijk gemaakt in Figuur 2-5 (Suri, 2011).



Figuur 2-5: Hoe QRM en Lean zich verhouden ten opzichte van de strategische keuze per variabiliteitstype (Suri, 2011)

In Figuur 2-5 is een matrix weergegeven met op de x-as twee types variabiliteit en op de y-as twee strategische keuzes. De witte pijl toont aan welke strategische keus het gebruik van Lean als gevolg heeft. Lean kiest ervoor om alle variabiliteit te elimineren en zoveel mogelijk routine in de productie

te verwezenlijken. Een perfect voorbeeld hier van is de uitspraak van Henry Ford: *“De klant kan elke kleur krijgen die hij wil, zolang het maar zwart is.”* De witte pijl in Figuur 2-5 geeft dit precies weer.

De grijze pijl geeft de strategische keuze weer in verhouding tot het soort variabiliteit voor QRM. QRM is bedoeld voor bedrijven die juist willen concurreren met variatie, dus QRM wil dat alle ongewenste variatie wordt geëlimineerd en dat alle strategische variatie wordt geëxploiteerd. Omdat ARA een bedrijf is dat in kleine hoeveelheden produceert met grote variabiliteit wordt QRM gebruikt bij het optimaliseren van het productieproces. Er moet dus zorgvuldig om worden gegaan met strategische variabiliteit.

3 Huidige situatie

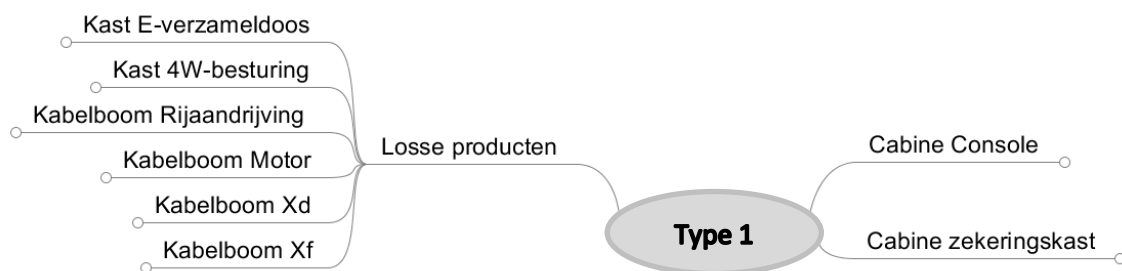
In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de tweede deelvraag: “Hoe is de cabinebouw ingedeeld en wat is hierin de rol van de werknemers?”. Met het antwoord op deze vraag wordt de huidige situatie in kaart gebracht.

Momenteel worden er twee verschillende types cabines geproduceerd. Voor elk type is een deel van de productievloer speciaal ingericht om enkel de productie van dat type te laten plaatsvinden. Voordat de cabine wordt gebracht door de klant worden de subassemblages geproduceerd en klaargelegd, zodat deze direct in de cabine kunnen worden geïnstalleerd. Het idee is dus dat de productie voor de beide types gesplitst is en plaatsvindt op de daarvoor ingerichte werkplekken/QRM-cellen. Op deze manier kunnen de subassemblages van de beide types niet door elkaar gehaald worden en hoeft er niet te worden omgesteld. Het idee is goed, maar wordt niet uitgevoerd. Iedereen zit door elkaar, omdat de werkplekken die er nu staan niet geschikt zijn voor elke activiteit. In Appendix B is een plattegrond van de cabinebouw toegevoegd.

De productie binnen de cabinebouw omvat drie taken; het maken van subassemblages, het installeren van de subassemblages in de cabine en het testen van elkaars werk. Veel taken kunnen parallel worden uitgevoerd, maar het installeren van de subassemblages kan pas gebeuren zodra deze af zijn en getest. Verder hoort een subassemblage door één werknemer te worden gemaakt. De werknemer moet in het magazijn de order ophalen met de bijbehorende materialen en handleiding en ermee aan de slag gaan op zijn werkplek. Tijdens het assembleren zou het werkstuk niet the hoeven worden verplaats. Zodra de werknemer klaar is, vraagt hij een collega om te testen en als alles goed is, kan hij aan een volgende taak beginnen.

3.1 Type 1

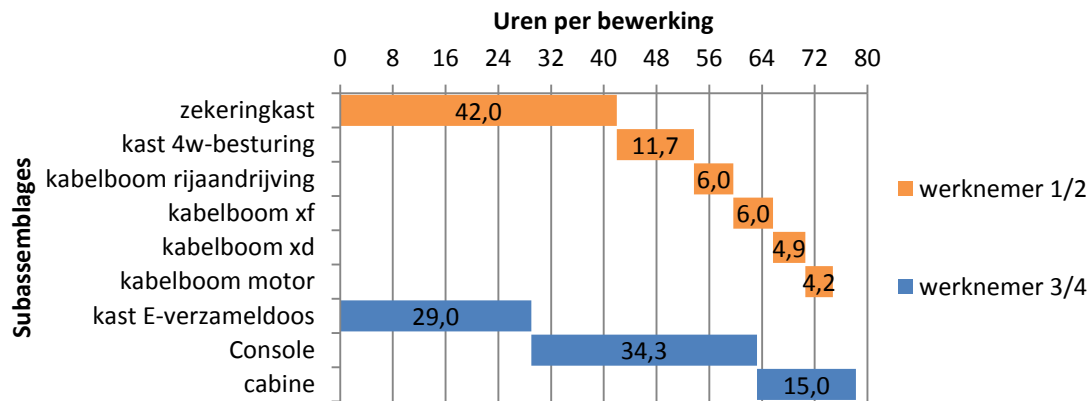
In Figuur 3-1 is een weergave gemaakt van welke subassemblages er in een cabine van het type 1 gaan. De losse producten zijn onderdelen die niet worden geïnstalleerd in de cabine, maar die los worden meegeleverd. De cabine console en de zekeringskast worden wel geïnstalleerd in de cabine.



Figuur 3-1: Opbouw cabine Type 1

Het doel van ARA is om elke twee weken twee cabines van het type 1 te kunnen leveren. Hiervoor worden 4 fulltime medewerkers ingezet, waarover de taken worden verdeeld. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat niet alle subassemblages tegelijkertijd geassembleerd kunnen worden. De reden hiervoor is dat de assemblage plaatsvindt op een speciale tafel, waarvan er maar één beschikbaar is (Zie Appendix C). Met alle beperkingen en randvoorwaarden rekening houdend, streeft de teamleider van de cabinebouw ernaar volgens de planning uit Figuur 3-2 te werken. Of deze planning haalbaar is, zal uit de komende hoofdstukken blijken.

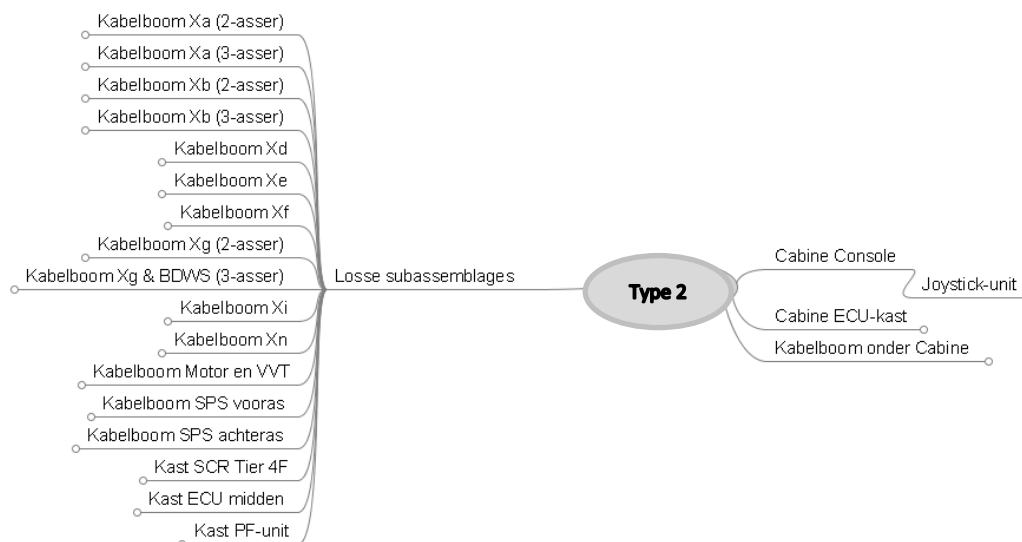
Gantt Chart belasting werknemers Type 1



Figuur 3-2: Belasting werknemer 1-4 voor type 1

3.2 Type 2

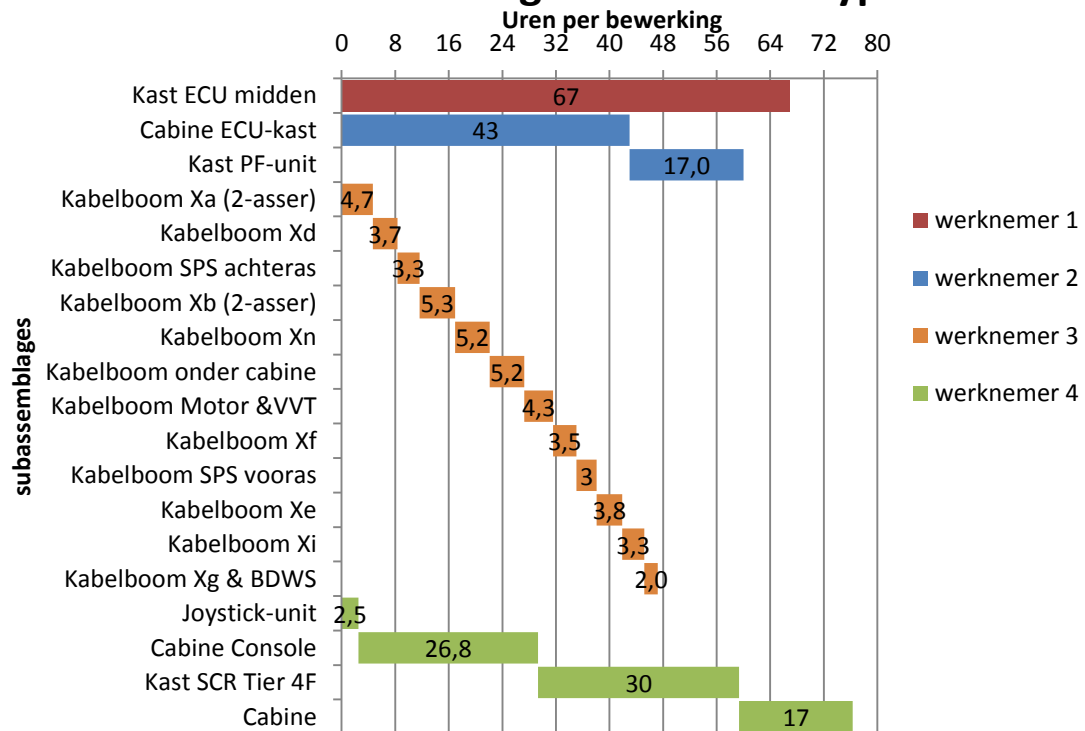
De Type 2 is het nieuwste type dat bij ARA geproduceerd wordt. Voor deze cabine gelden dezelfde regels als voor de Type 1. De cabine bestaat uit meerdere subassemblages, waarvan een aantal wordt ingebouwd en een aantal los wordt meegeleverd. Ook voor deze cabine zijn 4 werknemers aangesteld en staan twee weken productietijd begroot. Het grootste verschil tussen de productie van de Type 2 en de Type 1 is dat de Type 2 veel meer onderdelen heeft en meer productietijd vraagt. De productietijd van een Type 2 is ongeveer dubbel zo groot als die van een Type 1, dus in plaats van twee cabines wordt er slechts één cabine per twee weken van het type 2 geproduceerd. In Figuur 3-3 is de indeling van de Type 2 cabine weergegeven.



Figuur 3-3: Opbouw cabine Type 2

Ook voor de Type 2 zijn 4 werknemers beschikbaar. Verder gelden dezelfde regels voor dit type als voor de Type 1. Echter is de Type 2 een nieuw type waar alleen nog een prototype van is geproduceerd. Toch is er een planning gemaakt die aangeeft wat mogelijk is met het huidige begroot aantal uren. In Figuur 3-4 is deze planning terug te vinden. Omdat dit type zo nieuw is zal de analyse vooral gedaan worden met behulp van de gegevens van de Type 1.

Gantt Chart belasting werknemers Type 2



Figuur 3-4: Gantt Chart belasting werknemers VT6018

Zodra de Type 2 definitief in productie wordt genomen is de het de bedoeling dat er elke week een order wordt afgerond. Dit betekent dat de ene week twee cabines van de Type 1 worden geleverd en de andere week een van de Type 2. De schematische weergave van dit doel is Figuur 3-5 terug te vinden.

Productieplanning Cabines							
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	
Type 1	2 cabines		2 cabines		2 cabines		
Type 2		1 cabine		1 cabine		1 ca..	

Figuur 3-5: Productieplanning cabinebouw

4 Analyse van de MCT

In dit hoofdstuk wordt de totale MCT geanalyseerd en antwoord gegeven op de derde deelvraag: “Waarom is de MCT zoveel langer dan verwacht?”. Deze analyse verloopt volgens de tweedeling, die al eerder is genoemd aan het eind van paragraaf 2.1. Het eerste deel van de analyse is gefocust op de Grey Spaces, terwijl het tweede deel de White Spaces analyseert. Voor de analyse van de Grey Spaces zal voornamelijk gebruik gemaakt worden van Lean principes en voor de analyse van de White Spaces wordt de QRM overtuiging gebruikt.

Beide analyses zullen gedaan worden voor de productie van de Type 1, omdat de Type 2 pas in de toekomst zal worden geproduceerd. De Type 2 wordt vanaf nu dus niet meer genoemd in het verslag en zal ook geen rol spelen in de analyse. Wel zal de uitkomst van het onderzoek ook relevant zijn voor de Type 2. Het onderzoek kan er namelijk voor zorgen dat problemen worden voorkomen, zodra de productie van de Type 2 wordt opgestart.

4.1 Grey Spaces/Touch Time analyse

De Touch Time is onderdeel van de MCT. Omdat nog niet duidelijk is waarom de MCT van een product zoveel langer is dan verwacht, wordt onderzocht of te hoge productietijd een oorzaak kan zijn. Hiervoor wordt een analyse gedaan op basis van de theorie van Lean Manufacturing. Zo zal er gebruik gemaakt worden van het acht verspillingen model en zal de variatie worden geanalyseerd om manieren te kunnen vinden hoe deze te elimineren. De gegevens voor de analyse bestaat uit de begrote uren en de werkelijk geboekte uren. De Type 1 is echter een vrij nieuw type, dus er zijn nog weinig gegevens beschikbaar voor dit type. De Type 1 is een vernieuwde versie van de Type 0 en daarvan zijn wel gegevens beschikbaar. De Type 0 is bijna hetzelfde als de nieuwere Type 1 en het productieproces is hetzelfde gebleven. Omdat de analyse bedoeld is om het productieproces te optimaliseren, kunnen de gegevens van de Type 0 gebruikt worden voor de analyse.

4.1.1 Variabele productietijd

Uit de gegevens van de Type 0 is een tabel opgesteld, die voor alle orders weergeeft of de productietijd langer heeft geduurd dan begroot. In Tabel 4-1 zijn deze resultaten weergegeven. Wat opvalt is dat voor de laatste orders de productie langer heeft geduurd, terwijl de eerste orders in minder uur zijn geproduceerd dan begroot. De verwachting is dat de werknemers op den duur op de automatische piloot kunnen produceren en niet meer naar de werklíst hoeven kijken, waardoor de productie sneller gaat. Toch hebben de laatste drie orders een hogere MCT dan de voorgaande. Waarom?

Tabel 4-1: De totale bewerkingstijden per order vergeleken met begroot

ordernr	Som van begrote tijd bon (klok)	Som van totale werk duur	Som van ber. Meer	Som van ber. Minder
206784	262:40:00	215:48:00	0:00:00	46:52:00
207391	262:40:00	202:07:48	0:00:00	60:32:12
207392	262:40:00	214:54:00	0:00:00	47:46:00
207393	249:10:00	203:05:24	0:00:00	46:04:36
208157	285:55:00	259:32:24	0:00:00	26:22:36
208251	205:20:00	215:02:24	9:42:24	0:00:00
208252	316:10:00	431:51:00	115:41:00	0:00:00
208253	320:10:00	399:28:48	79:18:48	0:00:00
208254	320:10:00	420:23:24	100:13:24	0:00:00
Eindtotaal	2484:55:00	2562:13:12	77:18:12	0:00:00

De reden dat de productietijden voor de latere orders hoger zijn dan begroot komt volgens de teamleider door menselijk vermogen.

“De een werkt sneller dan de ander. We hebben momenteel een tekort aan goede werknemers. De meeste nieuwe monteurs hebben meer tijd nodig om te achterhalen wat de werkschrijving precies van ze vraagt en onthouden het niet voor de volgende keer. Daarbij duurt het altijd langer als iemand onervaren is en een opdracht voor het eerst ziet.”

(teamleider modulebouw)

Om te achterhalen of deze uitspraak terecht is, is er meer specifiek gekeken naar de geboekte uren per werknemer. De namen van de werknemers zijn om privacy gevoelige redenen weggelaten, maar de personeelsnummers zijn wel weergegeven. Volgens de teamleider zijn er 2 echt snelle mensen, nummers 37 en 126, en zijn de uitzendkrachten, alle nummers hoger dan 7200, het langzaamst. De rest is gemiddeld. Als dit zo is dan zou er een relatie moeten zijn tussen de productietijd en het aandeel van de langzame of snelle werknemers.

Tabel 4-2: Aantal uren meer of minder gewerkt afhankelijk van de verhouding tussen snelle en langzame werknemers

Ordernummer	Ervaren monteurs	Gemiddelde monteurs	Onervaren monteurs	Som minder	Som meer
206784	30%	70%	0%	46:52:00	0:00:00
206785	47%	53%	0%	56:31:18	0:00:00
207391	55%	45%	0%	60:32:12	0:00:00
207392	42%	58%	0%	47:46:00	0:00:00
207393	46%	54%	0%	46:04:36	0:00:00
208157	55%	32%	13%	26:22:36	0:00:00
208251	50%	1%	49%	0:00:00	09:42:24
208252	15%	32%	53%	0:00:00	115:41:00
208253	5%	31%	64%	0:00:00	79:18:48
208254	4%	29%	67%	0:00:00	100:13:24

In Tabel 4-2 is een duidelijke relatie te vinden met de verhouding tussen ervaren en onervaren werknemers en het aantal uren dat er meer of minder is geproduceerd dan begroot. Aan de orders 206784 en 207393 hebben in beide gevallen 3 monteurs gewerkt. Dit betekent dat er twee keer twee cabines door 3 man geassembleerd zijn. Aan deze orders is voor een groot deel door ervaren monteurs gewerkt en niet door onervaren. Duidelijk is te zien dat er veel minder uren geboekt zijn dan begroot op deze orders. Het grote aandeel van ervaren monteurs zou hier de verklaring voor kunnen zijn, maar er is daarentegen meer tijd besteed aan order nummer 208157 dan aan order nummer 207393, terwijl 55% van de geboekte uren op order nummer 208157 door een snelle werknemer geboekt is en voor order 207393 is dit maar 46%.

De tegenstrijdigheid met de verwachting lijkt het gevolg te zijn van het aandeel dat de langzame monteurs hebben gehad in de productie. Voor order 208157 hebben er geen uitzendkrachten aan de productie deelgenomen en vanaf order 208157 wel. Duidelijk is te zien in Tabel 4-2 dat met een

stijging van het percentage geboekte uren door langzame werknemers ook het aantal uren geboekt boven begroot toeneemt.

De uitspraak van de teamleider dat de uitloop deels te maken heeft met welke werknemers hij in kan zetten klopt dus, maar er zijn meer oorzaken, waardoor de ene keer productie sneller gaat dan de andere keer. Dit heeft te maken met het feit dat het proces dynamisch is en de werknemer telkens op een andere manier het product in elkaar kan zetten. Lean heeft als doel om alle variatie zo veel mogelijk te elimineren, dus er moet gezocht worden naar alle oorzaken voor de variatie in productietijd. De volgende vormen van variatie zijn bovenwater gekomen na gesprekken met de teamleider en de manager operations en op basis van observaties.

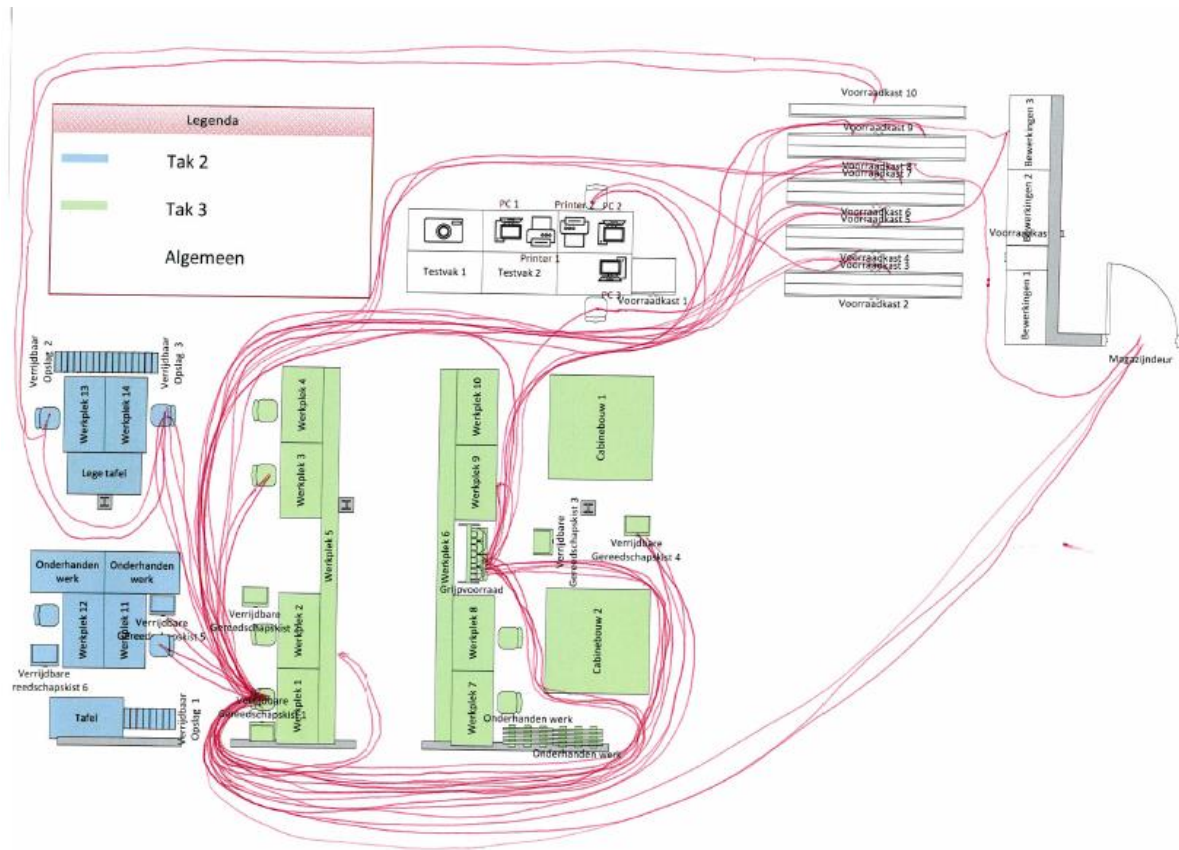
1. De ene keer werken ze in koppels en wordt er in één keer voor twee bonnen aan grijpvoorraad gepakt. Dit scheelt een keer heen en weer lopen. De andere keer wordt er individueel gewerkt en moet er telkens heen en weer gelopen worden.
2. De ene keer is het gereedschap wel aanwezig en de andere keer niet, of is de grijpvoorraad de ene keer wel bijgevuld en de andere keer moet er naar het magazijn worden gelopen.
3. Een aantal monteurs is Pools en die monteurs hebben moeite met begrijpen wat er op de werkomschrijving staat, waardoor ze langer bezig zijn met uitzoeken wat ze moeten doen. Bijvoorbeeld doordat ze eerst iemand moeten zoeken om hulp aan te vragen.
4. De ene werknemer haalt per stap de benodigdheden op en de ander leest wat vooruit en haalt in één keer lopen gelijk voor meerdere stappen.
5. Soms is de juiste locatie niet beschikbaar voor een bepaalde assemblage. Dan wordt er geïmproviseerd om toch de bon te kunnen produceren. Dit gaat dan vaak niet zo snel.
6. Doordat er niet altijd in dezelfde volgorde wordt geproduceerd, wordt er de ene keer meer omgesteld dan de andere keer. Deze omsteltijden worden onder de montagetijden geboekt.

Dus, veel variatie in productietijden is te verklaren door het verschil in ervaring van monteurs. De ervaring van de monteur heeft een grote invloed op de productietijd. Omdat ARA bij het begroten van de benodigde uren uitgaat van de snelheid van een ervaren werknemer, komt de werkelijkheid niet overeen met de begroting. Om de variatie in productietijd te elimineren, zal ARA moeten zoeken naar manieren om te voorkomen dat een onervaren werknemer zoveel langer nodig heeft dan een ervaren werknemer. In paragraaf 5.1 worden hier oplossingen voor beschreven. In hoofdstuk 5 zullen ook oplossingen genoemd worden voor de andere 6 genoemde oorzaken.

4.1.2 Onnodige bewegingen

Volgens de Manager Operations duurt de productie structureel langer dan nodig is, omdat er veel onnodige bewegingen plaatsvinden. Onnodige bewegingen zijn een van de acht verspillingen volgens de theorie van Lean Manufacturing (zie Figuur 2-2) en deze zullen moeten worden geëlimineerd. Om te achterhalen of de uitspraak van de Manager Operations klopt is er een observatiestudie gedaan en zijn er spaghetti diagrammen gemaakt om de bewegingen van de werknemers in kaart te brengen. Een spaghetti diagram is een plattegrond van de werkvloer met daarop getekende lijnen, die de bewegingen van de werknemer representeren. Door op de werkvloer tussen de werknemers te gaan zitten en alle bewegingen van een werknemer te volgen wordt duidelijk hoe vaak een werknemer opstaat en wegloopt, waarheen hij wegloopt en hoe lang het duurt voor hij weer terug is. De observatie van de assemblage van een zekeringkast is in deze paragraaf als voorbeeld uitgewerkt.

Het volgende spaghetti diagram geeft de bewegingen weer van een werknemer tijdens het assembleren van een zekeringskast voor een Type 0 cabine. De bewegingen zijn gemeten over een tijd van 3 uur en 35 min. Per beweging is bijgehouden hoe lang het duurde voordat de werknemer terug kwam. Ook is per beweging gevraagd aan de werknemer wat de reden ervoor was. Het spaghetti diagram wat hieruit volgde is te vinden in Figuur 4-1 (Zie Appendix D voor bestand op ware grootte).



Figuur 4-1: Spaghetti diagram montage zekeringskast Type 0

Zoals in Figuur 4-1 te zien is, loopt een werknemer tijdens het maken van een zekeringskast veel heen en weer en dan vooral naar de voorraadrekken en kasten. In deze rekken en kasten ligt grijpvoorraad¹. Bij ARA wordt onderscheid gemaakt tussen grote voorraad en kleine voorraad. Dit betekent dat grote onderdelen in het magazijn liggen opgeslagen en kleine onderdelen die veel worden gebruikt, zoals schroeven en moeren, in kasten en rekken op de productievloer voor het grijpen liggen. Telkens als een werknemer bij een assemblagestap een dergelijk grijpvoorraad onderdeel nodig heeft, staat hij op en gaat hij deze halen. Indien de voorraad op is gaat hij naar het magazijn om te vragen of het al besteld is en het liefst of het al geleverd is.

Om een duidelijk beeld te krijgen van de oorzaak van de bewegingen, is er een kruistabel gemaakt met op beide assen de locaties waar de monteur langskomt (Zie Appendix A: Een volledig afgebouwde Cabine). Vervolgens is gekeken hoe vaak er tussen bepaalde locaties bewogen wordt. Uit de tabel blijkt dat de monteur in totaal ruim een kilometer heeft gelopen en voornamelijk van en

¹ Zie terminologie

naar de voorraadlocaties. Van de 19 keer dat hij wegloopt, loopt hij 11 keer naar een voorraadlocatie. Dus 57,9% van de beweging is gericht op bevoorrading.

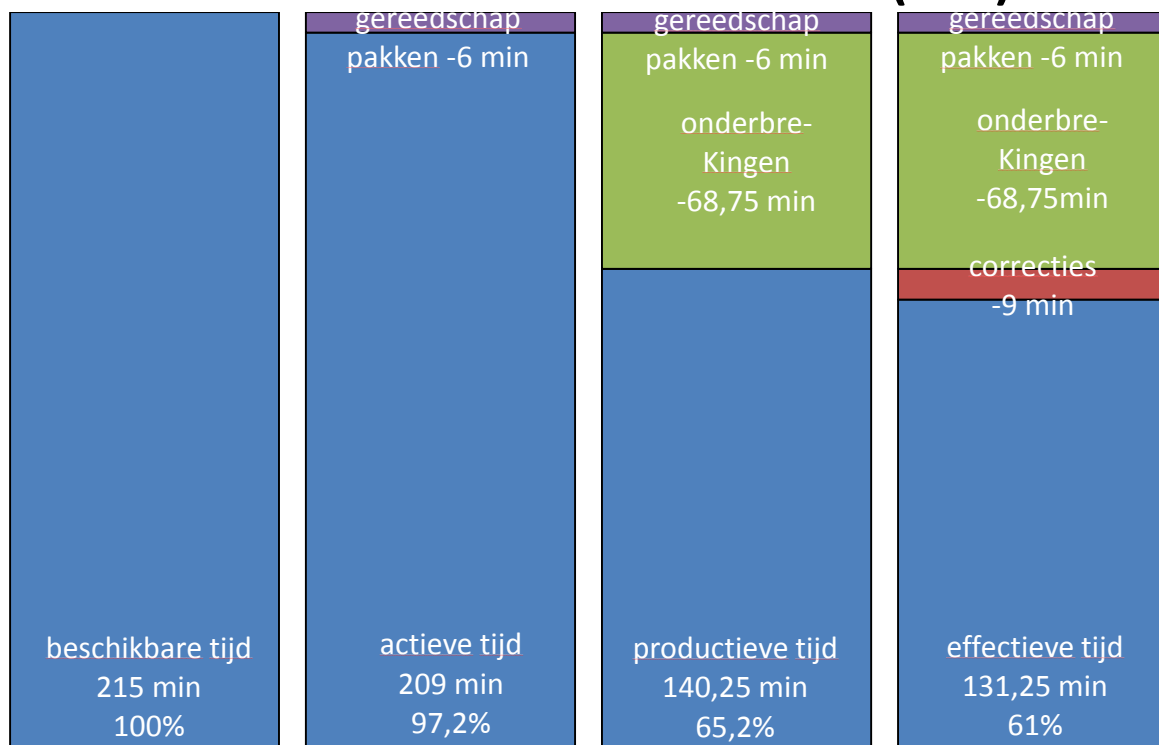
De onnodige bewegingen zorgen voor veel verspilling in tijd, iets wat volgens de Lean en QRM gedachte niet mag gebeuren. Elke keer dat de werknemer wegloopt van zijn plek kan hij niet doorwerken, daarom is ook bijgehouden hoe lang het per beweging duurt voordat de werknemer terug op zijn plek is. Van alle 51 bewegingen is bijgehouden hoe lang ze duurden en deze zijn samengevoegd in Tabel 4-3, waarin alle tijden per locatie en handeling zijn weergegeven.

Tabel 4-3: De duur per activiteit per locatie

Locatie	Activiteit	Duur (min)
Werkplek 1	werken	131,25
	wachten	2
	correcties	7
	kletsen	1
	zoeken naar onderdelen	1,5
Grijpvoorraad	onderdelen zoeken	13
Werkplek 2	Testen van werk van collega	5
	helpen	0,5
Werkplek 5	vraag stellen	0,5
Verrijdbare gereedschapskist 4	gereedschap halen	1,5
Werkplek 9	praten met collega	1
Magazijn ingang	kapot onderdeel vervangen	2
	voorraad zoeken	3
Voorraadkast 3/4	onderdelen zoeken	4,75
Voorraadkast 5/6	kabels halen	3,5
Voorraadkast 7/8	onderdelen zoeken	8
Voorraadkast 9/10	stickers zoeken	13
Bewerkingen 3	boren en zagen	3
pc/printer 2	stickers printen	2
werkplek 11	hulp vragen	7
Verrijdbare gereedschapskist 5	gereedschap halen	1
werkplek 13	gereedschap terughalen	1,5
werkplek 14	gereedschap terughalen	1,5
overig	gereedschap terughalen	0,5
	Totaal	215

Het is nu duidelijk aan welke activiteiten de werknemer zijn tijd besteedt, maar wat zegt dit nu over de productietijden en zijn onnodige bewegingen de oorzaak van de vertraging? Welke activiteiten zijn wel verspillingen en welke activiteiten niet en wat is de effectieve productietijd? In Figuur 4-2 is een diagram te zien waarin de verschillende tijdsbestedingen uit Tabel 4-3 zijn onder verdeeld in categorieën. Met behulp van dit diagram is de effectieve tijd bepaald, welke slechts 61% is van de beschikbare tijd.

Total Productive Effectiveness (TPE)



Figuur 4-2: Berekening TPE voor geobserveerde werknemer

De effectieve tijd is 61% van de beschikbare tijd, dus er wordt veel tijd besteed aan verspillende handelingen. Wat betekent dit voor de verwachte productieduur? Doordat de beschikbare tijd niet volledig wordt benut zal de werkelijke productietijd hoger uitvallen dan begroot. Een effectieve tijd van 100% zou ideaal zijn, maar is echter geen realistisch doel. Over het algemeen is een effectieve tijd van 85% het doel, omdat met een dergelijke score een bedrijf bij de wereldtop hoort en daarmee de concurrentie ver achter zich laat (Bicheno & Holweg, 2009).

De inschatting, die ARA heeft van de productietijd wordt gemaakt op basis van de beschikbare tijd. Echter wordt er werkelijk maar 61% van deze tijd benut, dus de productie zal langer duren dan begroot. Verwacht naar aanleiding van deze cijfers is dat de productie 39% langer zou duren dan begroot. In Vergelijking 4-1 is dit verschil berekend.

$$\frac{0,85}{0,61} = 1,39$$

Vergelijking 4-1

Naar aanleiding van de voorgaande analyse lijkt de uitspraak van de manager operations, dat onnodige bewegingen de oorzaak voor de langere productie zijn, te kloppen. Uit meerdere observaties en interviews met de monteurs is gebleken dat voor elke subassemblage in de cabinebouw de werknemer vaak heen en weer loopt om grijpvoorraad te halen. Uit deze observaties is ook gebleken dat het zoeken naar onderdelen gemiddeld 6 minuten duurt en het verzamelen van gereedschap gemiddeld 1,5 minuten.

Uit de stuklijst (zie Appendix K) is op te maken voor welke onderdelen een monteur op moet staan. Elke regel waar een G voor staat is grijpvoorraad en deze onderdelen moet de monteur zelf halen. Omdat de stuklijst niet altijd klopt en de G nog wel eens ontbreekt, heeft de teamleider alle stuklijsten doorlopen en dat wat grijpvoorraad is gemarkeerd. Door het aantal regels voor de grijpvoorraad te tellen en te vermenigvuldigen met 6 kan de verspilling door zoeken worden bepaald. In Tabel 4-4 is te zien hoeveel tijd er gemiddeld per subassemblage wordt verspild aan zoeken naar grijpvoorraad. In totaal wordt 26,1 uur, dus 26 uur en 6 minuten verspild aan het zoeken naar grijpvoorraad per cabine.

Tabel 4-4: Tijd besteed aan zoeken naar grijpvoorraad per subassemblage

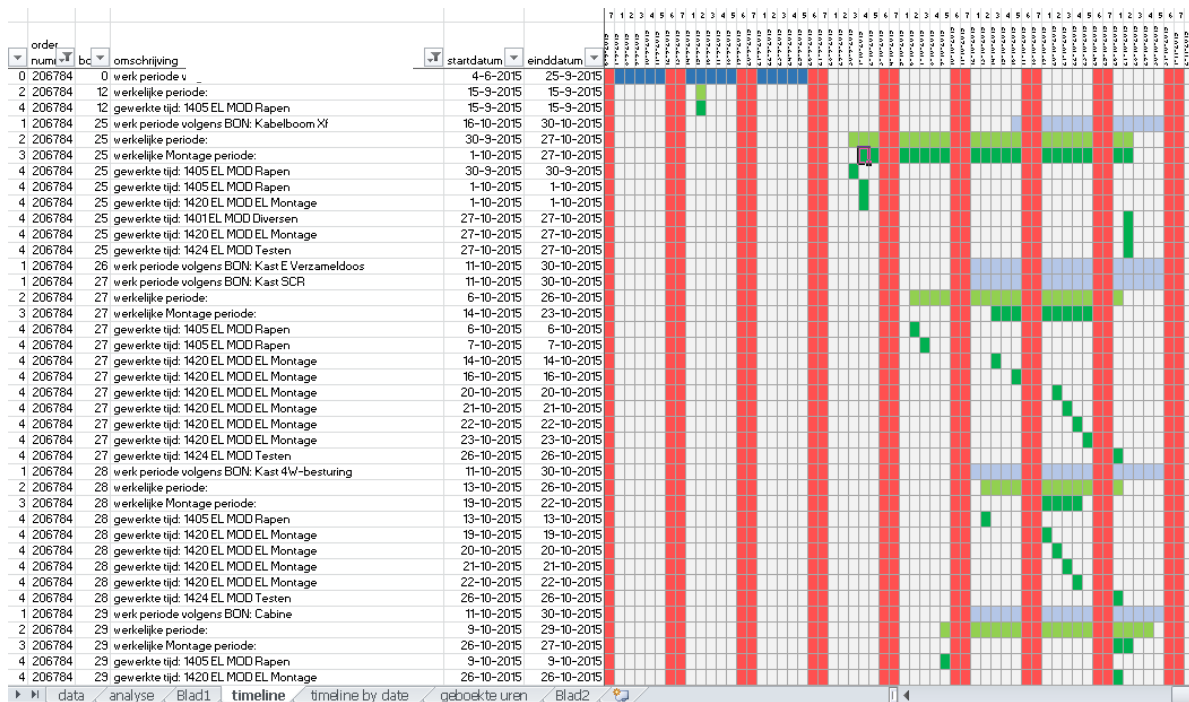
subassemblage	aantal regels grijpvoorraad	zoektijd (uur)
Zekeringkast	70	7
Cabine console	37	3,7
Kabelboom Rijaandrijving	16	1,6
Kast 4W-besturing	25	2,5
Kabelboom Xd	18	1,8
E-verzameldoos	35	3,5
Kabelboom Motor	27	2,7
Cabine	14	1,4
Kabelboom Xf	19	1,9
Totaal		26,1

Uit interviews met de monteurs en de teamleider en uit enkele observaties is gebleken dat er gemiddeld 15 minuten per monteur per dag wordt verspild aan het zoeken en terughalen van gereedschap. Er wordt dus veel tijd verspild doordat monteurs moeten zoeken naar spullen, die ze eigenlijk horen te hebben. De productietijd kan dus worden verkort als monteurs niet meer hoeven te zoeken. Oplossingen voor dit probleem worden beschreven in paragraaf 5.2.

4.2 White Spaces analyse

ARA wil graag twee cabines Type 1 leveren in twee weken en wil deze produceren met vier monteurs. Dit betekent dat in het geval dat de werknemers fulltime werken er $4 \cdot 8 \cdot 10 = 320$ uur beschikbaar is voor de productie van twee cabines. In het verleden is bewezen dat de productie in minder dan die tijd kan worden gerealiseerd. Toch was de MCT langer dan twee weken. Dit doet vermoeden dat er White Spaces voorkomen in de productie. Of dit zo is en hoeveel tijd er wordt verspild met deze White Spaces en waardoor deze worden veroorzaakt, wordt onderzocht in deze paragraaf.

Met behulp van de gegevens van de productie is een Gantt Chart gemaakt. Deze is weergegeven in Figuur 4-3 (Zie ook Appendix F, Tabblad "Time Line"). De Gantt Chart geeft aan op welke dag welke activiteiten zijn ondernomen binnen de cabinebouw cel. De donkergroene vakjes representeren de werkelijke activiteiten, de lichtgroene balk geeft de periode aan vanaf de eerste activiteit tot aan de laatste per subassemblage en de donkergroene balk geeft de montage periode aan, dus de periode van de eerste bewerking tot de laatste.



Figuur 4-3: Gantt Chart uitsnede, weergave geplande plus geboekte uren voor order 206784

Buiten de groene vakjes zijn er in de Gantt Chart ook blauwe vakjes te zien. De blauwe vakjes tonen de geplande bewerkingen. De donkerblauwe vakjes geven de begrote periode voor de gehele order weer en de lichtblauwe vakjes de begrote periode per subassemblage. De periodes kloppen voor de cabinebouw echter niet, dus het heeft geen zin om de werkelijke periode met deze begrote te vergelijken.

Omdat er geen effectieve planning wordt meegegeven aan een order is de teamleider vrij om de activiteiten zelf in te delen. In de praktijk komt deze indeling vaak niet overeen met de planning uit Figuur 3-2. Zoals te zien is in Figuur 4-3, heeft dit als gevolg dat er White Spaces ontstaan. Subassemblages worden niet aan één stuk door geproduceerd. Het product wordt soms aan de kant gelegd en later weer opgepakt, maar waarom gebeurt dit? Wordt de werknemer van zijn werk gehaald om aan een andere bon te werken of treedt hij volledig buiten de cel? Een manier om te achterhalen of er wel elke dag aan de order wordt gewerkt is door de Gantt Chart te sorteren op datum. Dit is te zien in Figuur 4-4 (Zie ook Appendix F, Tabblad "Time line by Date").

ordernum	datum	kostenpl	werknemer	Aantal van werknemer	Som van werk duur
206784	1-10-2015	1420	11	1	6:10:12
	6-10-2015	1420	11	1	6:19:48
			7181	4	4:20:24
	7-10-2015	1420	11	1	8:00:00
			7181	2	8:30:00
	8-10-2015	1420	11	1	2:49:48
			7181	2	8:30:00
	9-10-2015	1420	37	2	5:09:36
			7181	2	8:30:00
	12-10-2015	1420	11	2	5:19:48
			37	4	7:00:00
			7181	2	8:30:00
	13-10-2015	1420	11	1	8:00:00
			37	3	6:29:24
			7181	2	8:30:00
	14-10-2015	1420	11	1	8:00:00
			37	1	0:30:00
			7181	2	8:30:00
	15-10-2015	1420	7181	1	6:30:00
	16-10-2015	1420	37	3	2:00:00
			7181	2	8:30:00
	19-10-2015	1420	7181	2	0:16:12
	20-10-2015	1420	37	1	6:10:12
			7181	1	8:00:00
	21-10-2015	1420	37	2	7:30:00

Figuur 4-5: Uitsnede weergave per datum, welke werknemer aan welke bon werkt en hoeveel uur hij daarmee bezig is

Ondanks dat de vakjes in de Gantt Chart groen zijn gekleurd wil dit niet zeggen dat er die dag geen White Space is. Het vakje is namelijk groen wanneer er een bewerking heeft plaats gevonden en houdt geen rekening met de duur van deze bewerking. Dus als er slechts 2 uur is gewerkt van de 8 is er een White Space van 6 uur. In Figuur 4-5 is te zien dat een werknemer niet elke dag 8 uur werkt aan de order en dat er niet elke dag door vier monteurs wordt gewerkt. Dit betekent dus dat er veel White Spaces worden gecreëerd. Het niet werken volgens de juiste planning is dus de oorzaak van de uitloop.

Er wordt dus niet op de juiste manier geproduceerd, maar hoe worden de taken dan wel verdeeld en waarom gebeurt dat op deze manier? Welke keuzes moeten er worden gemaakt en met welke beperkingen van de capaciteit wordt rekening gehouden ten opzichte van wat zou moeten?

Momenteel wordt er vooraf geen vaste planning gemaakt. Ondanks dat het een wederkerend product betreft, wordt productie telkens in een andere volgorde uitgevoerd. De teamleider verdeelt de taken en kijkt hiervoor naar de kwaliteiten van de monteurs. Omdat niet elke monteur alle subassemblages kan produceren moet hij de taken zo verdelen dat de monteur de taken die hij krijgt kan uitvoeren. De teamleider zou hier niet naar hoeven kijken, omdat volgens de principes van QRM, de monteurs multifunctioneel moeten zijn en alle taken binnen de cel zouden kunnen uitvoeren.

Verder kan de productie pas starten zodra alle onderdelen vanuit het magazijn geraapt zijn. De teamleider moet dus eerst controleren welke taken er kunnen worden uitgevoerd voordat hij deze gaat verdelen. Soms zijn niet alle onderdelen aanwezig, maar wordt er toch begonnen met de

productie met als gevolg, dat halverwege het product aan de kant moet worden gelegd omdat er gewacht moet worden op onderdelen. In de tussentijd gaat de monteur met een andere subassemblage aan de slag, zo ontstaan er White Spaces en onnodig veel omsteltijden.

Het is duidelijk dat er veel problemen ontstaan doordat er geen duidelijke werkplanning is, maar waarom is deze er dan niet? Is deze er wel, maar is dit niet bekend bij de teamleider of is hier nooit naar gekeken? Als er een planning gemaakt moet worden, is het dan eigenlijk wel mogelijk om met de huidige capaciteit in twee weken te produceren? Heeft de uitloop wel te maken met het niet werken volgens planning of komt het door een beperking aan capaciteit?

In Figuur 3-2 is een voorbeeldplanning gemaakt op basis van wat de teamleider voor ogen heeft, echter heeft verdere analyse aangetoond dat deze planning helemaal niet haalbaar is. Volgens deze planning werken er namelijk twee mensen tegelijkertijd aan de speciale tafel, terwijl dit eigenlijk niet mogelijk is. De monteurs zouden elkaar te veel in de weg lopen. Verder is ook gebleken dat niet de volledige productie van de kabelbomen op de speciale tafel gedaan wordt. Het grootste deel wordt op de standaard werkplek voorbereid. Als de voorbereiding klaar is maar de speciale tafel bezet, wordt het werk ergens neergelegd totdat de tafel vrij komt. Ook hier worden er dus onnodig White Spaces en omsteltijden gecreëerd.

Al met al is een gebrek aan planning de oorzaak voor veel tijdsverspillingen en onrust op de werkvloer. Projecten die aan de kant worden gelegd, worden niet op een plek gelegd die daarvoor bedoeld is, deze bestaat namelijk niet, maar op één van de andere werkplekken. Dit project ligt dan in de weg als een andere monteur die deze werkplek wil gebruiken, dus dat project moet eerst worden weggelegd. Omdat niet duidelijk is wat er met het project aan de hand is, gaat de monteur eerst aan zijn collega vragen wat er mee moet gebeuren en vervolgens legt hij hem ergens anders neer, waar het in de weg ligt voor een ander. Op deze manier zorgt dit project voor veel verstoringen en tijdsverspillingen.

Er moet dus een productieplanning komen, die rekening houdt met alle restricties en eisen en die wellicht leidt tot aanpassingen in de indeling van de vloer. Deze planning zal gebaseerd moeten worden op de QRM gedachte, om zo White Spaces te voorkomen. In paragraaf 5.3 worden de mogelijke oplossingen beschreven.

4.3 Conclusie van de analyse

Uit paragraaf 4.1 en 4.2 zijn drie hoofdoorzaken naar voren gekomen voor de problemen binnen de Grey Spaces en White Spaces. De hoofdoorzaak voor de grote variatie in productietijd is het feit dat veel verschil zit in de capaciteit van ervaren en onervaren monteurs. Er zal dus een manier gezocht moeten worden om de onervaren monteurs te ondersteunen, zonder dat zij daar veel tijd voor nodig hebben en ervaren monteurs van het werk houden. Volgens de theorieën van Lean Manufacturing moet elke vorm van variatie worden geëlimineerd en dat geldt zeker ook voor de variatie in productietijden. De variatie in productietijden is in het oogpunt van QRM geen strategische variatie, omdat ARA deze variatie niet gebruikt om de concurrentiepositie te versterken. Volgens beide theorieën moet deze variatie geëlimineerd worden. Standaardisatie is een methode om variatie te elimineren en voorkomen en in paragraaf 5.1 worden hier enkele mogelijkheden tot beschreven.

De hoofdoorzaak voor de onnodige bewegingen is het feit dat een monteur tijdens de assemblage niet alle benodigde materialen bij de hand heeft en deze moet zoeken. De materialen die de monteur

moet zoeken, betreffen voornamelijk de grijpvoorraad en het gereedschap. Omdat onnodige bewegingen vanuit het Lean perspectief gezien worden als één van de acht verspillingen, zullen deze moeten worden geëlimineerd. In paragraaf 5.2 zullen oplossingen worden beschreven die voorkomen dat een monteur moet zoeken naar grijpvoorraad onderdelen of gereedschap.

De laatste oorzaak die uit de analyse naar voren is gekomen, is het gebrek aan een vaste productieplanning. De hoge variatie in de productievolgorde zorgt voor veel verstoringen en White Spaces. Het cabinebouwteam moet meer volgens de QRM principes opereren om zo de White Spaces te elimineren. De mogelijke manieren om dat te doen worden beschreven in paragraaf 5.3.

5 Mogelijke oplossingen

In dit hoofdstuk worden enkele oplossingen beschreven voor Apparatenfabriek ARA BV, waarmee antwoord wordt gegeven op de vierde deelvraag: “Hoe kunnen de oorzaken voor de langere MCT worden voorkomen?”. De oplossingen zijn gegenereerd op basis van de analyse uit hoofdstuk 4 en de restricties en eisen uit paragraaf 1.7.

Eerst wordt nogmaals beknopt de uitkomst van de analyse beschreven en vervolgens worden een of meerdere opties voor verbetering beschreven. De oplossingen zijn gevonden op basis van de principes van Lean en QRM. Hierbij is gebruik gemaakt van methodes als 5s en Visueel Management. In Paragraaf 5.4 worden de oplossingen gescoord en wordt er een keuze gemaakt.

5.1 Oplossingen voor variatie in productietijden

De analyse van paragraaf 4.1.1 heeft aangetoond dat de variatie in productietijd voornamelijk wordt veroorzaakt door het verschil in kwaliteit tussen de monteurs. Om dit probleem op te kunnen lossen, moet er gezocht worden naar een manier om de invloed van de capaciteit van de monteur op de productie zo klein mogelijk te maken. Kortom, er moet voor gezorgd worden dat iedereen even snel kan werken ongeacht de kwaliteiten van de persoon.

Om de oplossing voor het probleem te kunnen vinden is achterhaald waarom de onervaren werknemers meer tijd nodig hebben. Waaraan besteden ze deze tijd en hoe kunnen we dit voorkomen? Uit observaties is gebleken dat het uitvoeren van de bewerkende handelingen niet zo zeer meer tijd kost, maar dat een onervaren werknemer vooral vaak moet vragen welke handeling moet worden uitgevoerd en welke onderdelen daarvoor nodig zijn.

Waarom moet de werknemer dit vragen? Hij heeft toch een werkomschrijving waarop staat wat moet worden gedaan? De werkomschrijving is niet duidelijk voor iemand die deze voor het eerst ziet. De werkomschrijving bestaat uit meerdere documenten. Het eerste document is een technische tekening van het product. Het tweede document is een lijst waarop alle bedrading staat beschreven, deze lijst heet de wiring list. Het derde document is een lijst met alle onderdelen, dit wordt de stuklijst genoemd. Het vierde document is een lijst met alle kabels en bijbehorende lengtes, de cable list. Het laatste document is een quality checklist (Zie Appendix G-K voor een voorbeeld van deze documenten). Uit deze documenten moet de monteur zelf opmaken wat hij moet doen en hoe hij dit moet doen.

De monteur weet niet waar hij moet beginnen, omdat er nergens een volgorde wordt aangegeven. De wiring list geeft aan welke draad tussen welke poorten moet worden aangesloten. Voor dit document is wel een volgorde bedacht, dus de monteur werkt deze lijst van boven naar beneden af. Echter weet de monteur niet of hij de stekkers en contacten, waar de wiring list naar refereert, al moet bevestigen of pas nadat alle draden zijn aangesloten. Dit moet de monteur dus vragen aan zijn collega.

Het vragen aan collega's wekt geregeld ergernissen op bij de collega en bij de monteur zelf. Daarom besluit de monteur geregeld om te doen wat hij denkt dat goed is, maar dit pakt niet altijd goed uit. Door de verkeerde volgorde zit de monteur zichzelf in de weg, waardoor hij onderdelen weer los moet halen en opnieuw moet bevestigen nadat hij eerst een andere stap heeft afgerond. De tijd die de werknemer hiervoor nodig heeft is allemaal verspilde tijd.

5.1.1 Oplossing 1.1 – Extra document met stappen in volgorde en fotorapportage

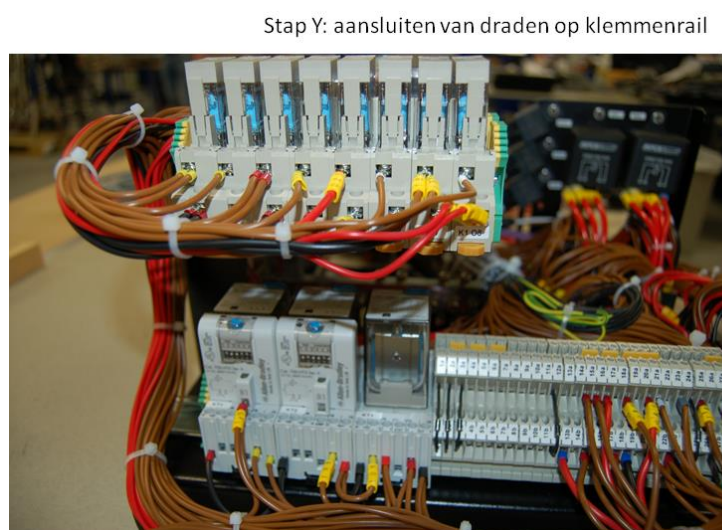
Een duidelijke document met daarin de juiste productievolgorde zou voorkomen dat de onervaren monteur veel vragen moet stellen en dat hij stappen over moet doen. Een voorbeeld van zo'n document is een fotorapportage. Tijdens het maken van het prototype kunnen direct foto's gemaakt worden van de verschillende stappen en kan gedocumenteerd worden welke volgorde moet worden aangehouden om moeilijkheden en problemen te voorkomen. Door deze fotorapportage toe te voegen, kan de monteur deze als rode draad aanhouden en de andere documenten gebruiken als begeleidende info.

De fotorapportage zal in deze situatie enkel structuur moeten aanbrengen in de assemblage. Er hoeft verder geen informatie in zoals de onderdelen die nodig zijn, de aansluitingen, de benodigde gereedschappen etc. De enige informatie die de fotorapportage moet geven is in welke volgorde de onderdelen moeten worden geassembleerd. De informatie over hoe de assemblage moet worden uitgevoerd en met welke onderdelen is al beschreven in de andere documenten. In Figuur 5-1 en Figuur 5-2 volgt een voorbeeld van de fotorapportage.



Monteer de
zekeringhouders in de
kast, zoals afgebeeld.

Figuur 5-1: Voorbeeld 1 van fotorapportage



Sluit de draden
aan zoals
weergegeven.

Figuur 5-2: Voorbeeld 2 van fotorapportage

5.1.2 Oplossing 1.2 – Documenten vervangen voor één productiehandleiding

Een tweede mogelijkheid is om een geheel nieuwe werkomschrijving te maken. Momenteel bestaat de werkomschrijving uit 4 verschillende documenten en als de eerste oplossing wordt toegepast zelfs uit 5. De vraag is of het niet handiger is om zo min mogelijk losse documenten aan te leveren en zo veel mogelijk informatie te combineren. Het doel van deze oplossing is om ervoor te zorgen dat de monteur minder tijd kwijt is aan het zoeken van de benodigde informatie en minder papieren op zijn werkplek heeft liggen.

Niet alle documenten kunnen worden samengevoegd. Zo zullen de technische tekening en de quality checklist intact blijven, maar de wiring list, de stuklijst en de fotorapportage kunnen samengevoegd worden tot één enkele werkinstructie. Deze werkinstructie omvat dus de productiestappen in volgorde, die wordt beschreven met behulp van een foto, de stuklijst voor deze stap en (indien nodig) de wiring list voor deze stap. Op deze manier kan de monteur bladzijde voor bladzijde het product assembleren zonder te zoeken naar informatie. In Figuur 5-3 is een voorbeeld gegeven van deze werkinstructie.

Stap X: Zekeringhouders monteren



Monteer de zekeringhouders in de kast, zoals afgebeeld.

Artikel no.	Aantal	Omschrijving		Fabriek
2240.0726.00	1	Zekeringhouder 6 pol. met behuizing	15 02 031	Merit/Delph
2240.0727.00	1	Stekerset à 3 stuks	05 15 34	Merit/Delph
2240.0728.00	4	Zekeringhouder 8 pol. met behuizing	15 03 031	Merit/Delph
2240.0729.00	4	Stekerset à 4 stuks	05 17 34	Merit/Delph
4302.0854.00 G	10	Schroef M4x12 CK BZK RVS zwart	D912-M4x12-A6-70	Jeveka
4302.1504.00 G	10	Sluitring M4 RVS	D125-A4 3-A2	Jeveka
4302.0352.00 G	10	Borgmoer M4 RVS	D985-M4-A2-70	Jeveka

Figuur 5-3: Voorbeeld werkomschrijving met volledige info per stap

Dus behalve dat een nieuw en compleet productiedossier ervoor zorgt dat elke monteur op dezelfde manier en in dezelfde volgorde te werk gaat, zorgt het dossier ook voor duidelijkheid en voorkomt het tijdsverspilling door vragen. Het verschil tussen de productieduur tussen de verschillende monteurs zal dus enorm afnemen, maar ook de productietijd per monteur. ARA kan dit controleren door de variatie in de productietijden tussen de ervaren en onervaren monteurs te meten en door de benodigde productietijd in de nieuwe situatie te vergelijken met die in de oude.

5.2 Oplossingen voor onnodige bewegingen

Uit de analyse van paragraaf 4.1.2 is gebleken dat er veel vertraging in de productie voortkomt uit onnodige bewegingen. Uit diezelfde analyse is ook gebleken dat deze bewegingen vooral gericht zijn

op de voorraad en het gereedschap. Volgens de Lean filosofie moeten deze bewegingen worden geëlimineerd, dus er moet gezocht worden naar mogelijkheden om te voorkomen dat werknemers constant heen en weer moeten lopen naar de grijpvoorraad.

Er zijn twee aspecten die het probleem veroorzaken. Het materiaal is niet aanwezig en het is niet duidelijk waar het ligt. Dit betekent dat er twee manieren zijn om het probleem op te lossen. De ene aanpak is om ervoor te zorgen dat het materiaal wel aanwezig is en de andere is om ervoor te zorgen dat het makkelijker te vinden is. De tweede aanpak elimineert de beweging niet, maar reduceert deze. Volgens de principes van Lean en QRM moeten verspillingen worden geëlimineerd en niet worden gereduceerd, toch is het ook goed om naar de tweede aanpak te kijken, want uiteindelijk moet iemand de spullen bij elkaar rapen. Als de spullen makkelijker te vinden zijn, bespaart dit veel tijd. Zijn het niet de monteurs die het merken, dan zijn het wel de magazijnmedewerkers.

Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de monteur alle onderdelen bij zich heeft en dus niet hoeft op te staan van zijn werkplek? De basis van dit probleem wordt gevormd door de inrichting van de werkplekken. De werkplekken zijn rommelig en voor elke monteur geldt een andere situatie. De ene monteur heeft zijn eigen gereedschap en de ander heeft niks. De 5s methode zorgt voor een gestructureerde en overzichtelijke werkplek en elimineert de variatie. De volgende oplossingen zijn bedacht met behulp van de 5s methode.

5.2.1 Oplossing 2.1 – Samenstellen van een basis gereedschap set

De eerste variatie die geëlimineerd moet worden is de variatie in gereedschap per monteur. Momenteel hebben veel monteurs niet de beschikking over alle benodigde gereedschappen, terwijl elke monteur moet beschikken over het benodigde gereedschap. Veel gereedschap is voor elke subassemblage nodig, maar sommige gereedschappen worden maar bij een klein deel van de subassemblages gebruikt. De gereedschappen die niet voor alle subassemblages gebruikt worden, zijn zeer specifieke gereedschappen en hebben een hoge prijs. Om de kosten enigszins te drukken is het goed om een scheiding te maken tussen de gereedschappen die standaard nodig zijn en de gereedschappen die bij een enkele subassemblage nodig zijn.

Zodra bekend is welke gereedschappen in het basispakket moeten komen en welke gereedschappen voor een enkele subassemblage nodig zijn, kan worden geïnventariseerd hoeveel van elk gereedschap al aanwezig is en wat er nog nodig is om het basispakket te kunnen samenstellen. Een eis is bijvoorbeeld dat de gereedschap set mobiel is, omdat de monteur niet altijd op dezelfde plek zit en zijn gereedschap mee moet kunnen nemen van werkplek naar werkplek. Ook moet worden bepaald hoe het gereedschap dat niet elke keer nodig is bij de monteur terecht komt en zal er gekeken moeten worden naar handige “dingetjes”, die de monteur naast gereedschap ook veel gebruikt, zoals een pen, een potlood, tape, etc.

Het gereedschap dat bij een enkele subassemblage nodig is, zou in een speciale koffer gestopt kunnen worden, welke de monteur kan pakken wanneer nodig of het gereedschap kan aan een schaduwboard worden gehangen, waar iedereen van het team bij kan. Het gereedschap kan wellicht ook aangeleverd worden vanuit het magazijn, samen met de onderdelen en de bon. Dit betekent dat het gereedschap na gebruik ook weer terug moet naar het magazijn. Ook voor dit gereedschap geldt dat bepaald moet worden hoeveel er van elk nodig is.

5.2.2 Oplossing 2.2 - Aanleveren van grijpvoorraad vanuit het magazijn

De eerste methode om te voorkomen dat de monteur moet lopen voor grijpvoorraad is door het aan te leveren vanuit het magazijn. Door de grijpvoorraad terug te plaatsen in het magazijn en de magazijnmedewerkers de grijpvoorraad te laten rapen, hoeft de werknemer niet meer zelf de onderdelen te verzamelen. De werknemer haalt nu in het magazijn zijn werk op en brengt het terug als hij klaar is. Mogelijk is ook nog om het gereedschap aan te leveren vanuit het magazijn. Dit betekent dat de werknemer begint met een lege werkplaats en alles wat hij nodig heeft aangeleverd krijgt vanuit het magazijn en terugbrengt als hij klaar is.

Om deze manier van aanleveren te kunnen realiseren moet er een compleet en duidelijk raapdocument opgesteld worden. Dit document moet buiten de standaardvoorraad ook de grijpvoorraad weergeven en de exacte aantallen nodig per subassemblage. Om het de raper makkelijk te maken, zullen ook de locaties van de voorraad genummerd moeten worden en zullen deze nummers genoteerd moeten worden op het raapdocument. Zo kan de raper direct zien waar hij of zij moet zijn en wordt een hoop zoektijd bespaard.

De bakken die gebruikt worden om alle onderdelen in te verzamelen zullen groter moeten worden, omdat er meer in moet. Ook is het niet handig om alle grijpvoorraad los in de bak te gooien, want dan moet de monteur alsnog alles gaan sorteren voor hij kan beginnen of zoeken om het juiste onderdeel te vinden. Daarom zullen er kleinere bakjes of zakjes moeten worden gebruikt om de onderdeeltjes gescheiden te houden.

Verder weet een monteur niet altijd hoe een onderdeel eruit ziet, dus vanuit het magazijn moeten de onderdelen in de bak ook gelabeld worden. Telkens een nieuwe sticker op een bakje plakken is niet handig, omdat het bakje dan in de kortste keren vol zit met stickers. Een oplossing hiervoor is het aanhouden van vaste bakjes voor bepaalde onderdelen. Dit zou betekenen dat er moet worden gekeken per onderdeel hoeveel er maximaal van geraapt moet worden om het formaat van het bakje te bepalen. Een tweede oplossing is het gebruiken van plastic zakjes. Deze zijn laag in kosten en hoeven niet te worden hergebruikt. De derde oplossing is het bijvoegen van kleine foto's op de stuklijst.

5.2.3 Oplossing 2.3 – Kistjes met grijpvoorraad per werknemer

Een andere oplossing is om per werknemer een bakje/kistje aan te schaffen met meerdere vakjes. In dit kistje heeft de monteur voor alle subassemblages grijpvoorraad bij elkaar. De monteur zorgt er zelf voor dat het kistje gevuld blijft door het aan te vullen als het (bijna)leeg is of er is een “milkman” die de voorraad voor de monteur bijvult.

Om deze oplossing uit te kunnen voeren zal er geïnventariseerd moeten worden welke onderdelen er allemaal nodig zijn om alles te kunnen maken en in welke aantallen. Op deze manier kan worden bepaald hoe groot de kistjes moeten zijn en hoeveel van elk onderdeel er in moet kunnen passen. Zo zou bijvoorbeeld kunnen worden bepaald dat er genoeg onderdelen in moeten zitten om een hele order te kunnen produceren, zodat de monteur nooit te weinig heeft en niet hoeft bij te vullen tijdens het twee weken durende proces. In dit geval kan de monteur telkens vooraf of achteraf zijn bakjes vullen, maar wellicht is de hoeveelheid onderdelen nodig voor de gehele productieduur wel zo groot dat dit helemaal geen optie is, dan zal er gekeken moeten worden naar wat wel een handige hoeveelheid is.

Ook moeten deze kistjes mobiel zijn, zodat de monteur deze van locatie naar locatie kan meenemen. Dit is nodig omdat de werknemer niet altijd op dezelfde plek zit, maar zijn kistje wel voor alle subassemblages nodig heeft. De kistjes moeten ook gelabeld worden evenals het gereedschap, zodat de werknemer altijd zijn eigen spullen bij zich heeft.

5.2.4 Oplossing 2.4 – Kistjes met grijpvoorraad per subassemblage

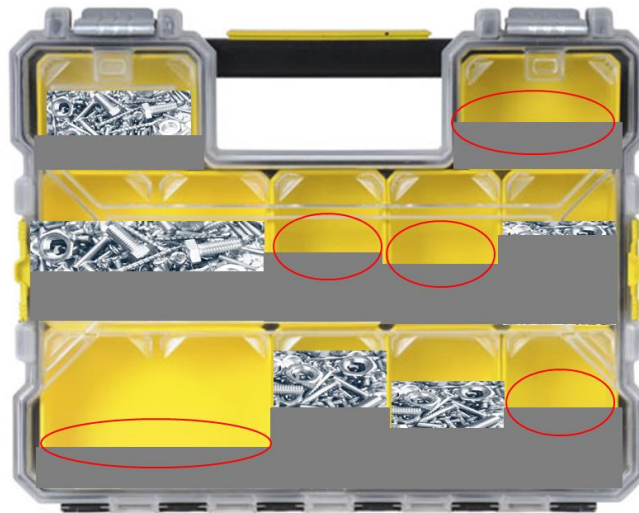
De laatste oplossing is om de kistjes niet universeel te maken maar in te delen per subassemblage. De werknemer pakt dan alleen die spullen die hij nodig heeft om het product van die bon te assembleren. Dit betekent dat de werknemer niet altijd alles bij zich hoeft te hebben, maar alleen dat wat nodig is. Als de monteur het product af heeft brengt hij de bak met het eindproduct en zet hij het kistje met grijpvoorraad ook terug, zodat de volgende deze weer kan gebruiken.

Als de volgende monteur het kistje pakt om te gebruiken, moeten er wel voldoende onderdelen in zitten om het product te assembleren. Een manier om ervoor te zorgen dat er altijd voldoende in het kistje zit is door een minimale voorraad aan te houden in het kistje. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van visuele hulpmiddelen. Bijvoorbeeld door een streepje te zetten in de binnenkant van de vakjes, die de hoogte aangeeft van de minimale voorraad. Zodra de inhoud onder dit streepje komt moet de werknemer het kistje niet terug zetten waar hij het vandaan haalde maar op een plek neerzetten waarvandaan het terug gaat naar het magazijn. Op die manier kan de raper bij het rapen van de onderdelen voor de volgende subassemblage ook het bijbehorende “grijpvoorraadkistje” aanvullen.

Een ander visueel hulpmiddel is het blinderen van het deksel. Als het kistje op zijn kant wordt terug gezet kun je door het deksel de inhoud zien. Als het deksel per vakje nou wordt geblindeerd tot de hoogte van de minimale voorraad dan weet de monteur direct of er iets moet worden aangevuld, namelijk zodra de onderdelen niet meer zichtbaar zijn. In Figuur 5-4 en Figuur 5-5 wordt een visueel voorbeeld gegeven van deze methode.



Figuur 5-4: Een grijpvoorraad organizer met voldoende inhoud



Figuur 5-5: Een grijpvoorraad organizer die moet worden aangevuld

Om ervoor te zorgen dat de kistjes niet voor andere subassemblages gebruikt worden, dit kan gebeuren als er overlap in de onderdelen zit, moeten de kistjes worden gelabeld of misschien wel gekleurd. Als de naam/kleur van de subassemblage niet overeenkomt met de naam op het label/de kleur van het kistje, moet er een ander kistje worden gepakt.

De bakjes in het kistje zitten er los in, waardoor de kistjes makkelijk aan te passen zijn als er een ander type cabine geproduceerd moet worden. Als het nieuwe type om twee extra onderdelen vraagt kan een groot bakje omgewisseld worden voor twee kleine en andersom.

5.3 Oplossing voor verstoringen en gebrek aan overzicht

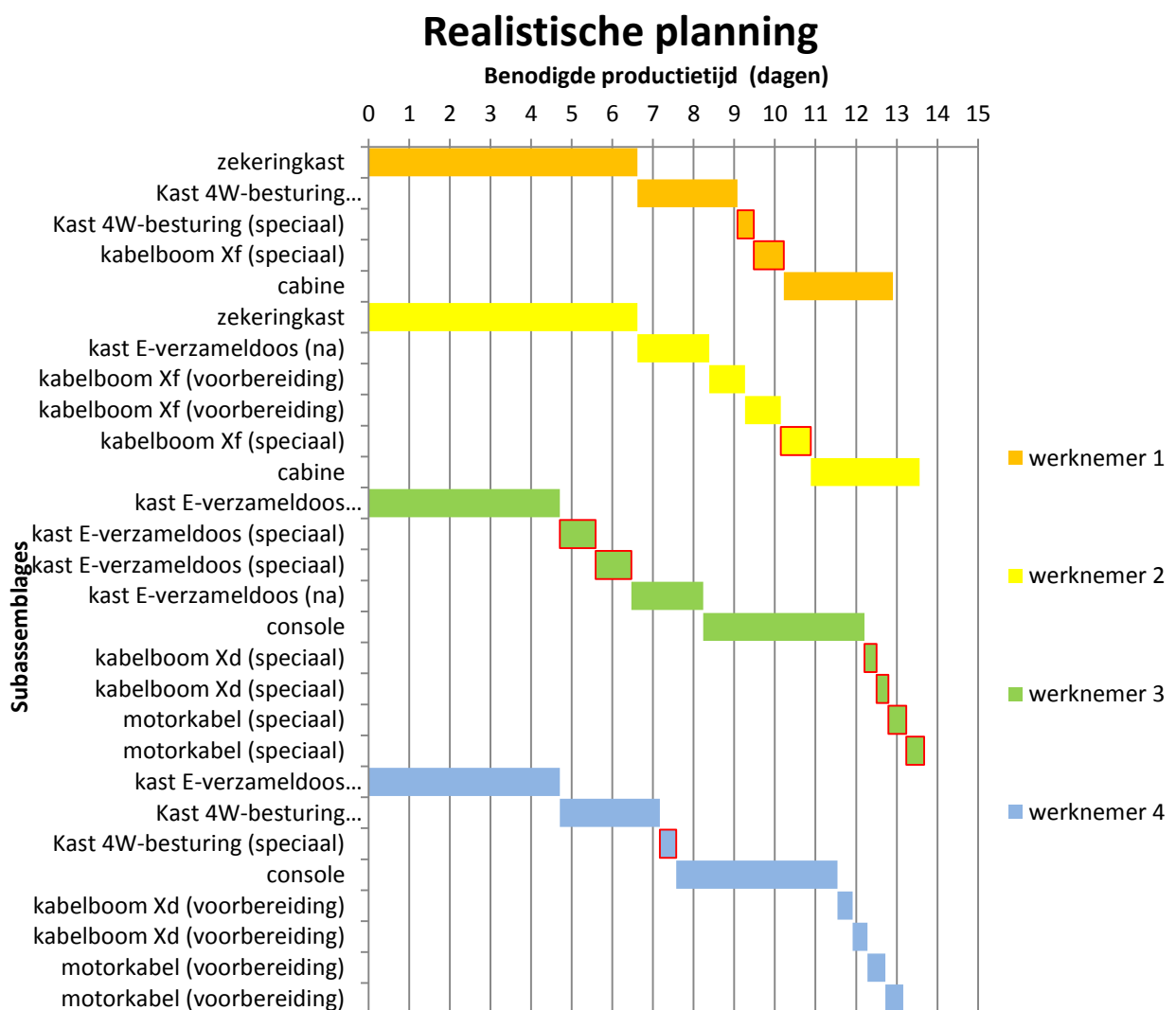
In paragraaf 4.2.3 zijn de problemen omtrent het gebrek aan een realistische planning beschreven. Het niet hebben van een geschikte planning leidt tot veel variatie in productievолgorde en zorgt ook voor een verkeerd beeld van wat haalbaar is. Bij het indelen van de werkzaamheden wordt nu nauwelijks rekening gehouden met de capaciteitsbeperkingen. Om de variatie te kunnen elimineren moet er een vaste planning gemaakt worden, die rekening houdt met de beperkingen en eisen van de productieomgeving. Ook zal er gezocht moeten worden naar een methode, die ervoor zorgt dat de planning wordt nageleefd.

Figuur 3-2 in paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft de belasting van de monteurs weer, zoals deze bij ARA wordt ingeschat, echter is gebleken dat deze Gantt Chart geen realistische weergave is van de werkelijkheid. De Gantt Chart in Figuur 3-2 laat namelijk zien dat de productie ruim binnen de afgesproken twee weken kan worden gerealiseerd met vier monteurs, terwijl dit in werkelijkheid niet het geval is. Wat ziet ARA dan over het hoofd?

In de planning uit Figuur 3-2 is er met drie cruciale elementen geen rekening gehouden; de bezettingsgraad, de beschikbaarheid van de speciale tafel en de capaciteiten van de monteurs. In de huidige planning wordt er uitgegaan van een bezettingsgraad van 100%, terwijl in werkelijkheid de monteurs niet 100% beschikbaar zijn. Verder is er in de planning geen rekening gehouden met de werkzaamheden die worden uitgevoerd op de speciale tafel, hierdoor komt het geregeld voor dat de tafel bezet is op het moment dat er een bewerking plaats moet vinden. Tot slot gaat de planning

ervan uit dat elke monteur alle subassemblages kan assembleren, maar dit is niet het geval. Doordat niet elke monteur alles kan assembleren, kan er niet worden geproduceerd volgens deze planning.

Door een planning te maken, die wel rekening houdt met de bovengenoemde aspecten kunnen de White Spaces worden geëlimineerd en wordt er een beter inzicht in de benodigde productietijd gecreëerd. Uit de aanwezigheidsgegevens is gebleken dat een planning op basis van 85% haalbaar is. Normaal gesproken duurt een werkdag 8 uur, maar om de planning op basis van 85% bezettingsgraad te realiseren zal een werkdag 6,8 uur duren. Verder is onderzocht hoeveel tijd er per subassemblage werkelijk besteed wordt aan de speciale tafel en of er bewerkingen aan vooraf gaan of achteraan komen. De montage is vervolgens opgedeeld in, voorbereiding, speciaal en na. Met behulp van deze informatie en de gegevens van de vorige productieorders is er een realistische planning gemaakt, welke is weergegeven in Figuur 5-6. Alle vakjes met een rode omlijning geven een speciale bewerking aan.



Figuur 5-6: Realistische planning, die rekening houdt met alle eisen en beperkingen

Wanneer de planning in Figuur 5-6 wordt vergeleken met de planning in Figuur 3-2, valt direct op dat de planning in Figuur 5-6 veel meer activiteiten bevat en dat het aantal productiedagen ook hoger is.

Volgens de realistische planning heeft ARA 14 dagen nodig om 2 cabines te produceren, in plaats van de verwachte 10. Deze planning is gebaseerd op het gemiddeld benodigde aantal uren. In deze uren zit nog veel tijd veroorzaakt door verstoringen door variatie. De verwachting is dan ook dat de productie sneller gaat als deze planning wordt aangehouden. De planning zal daarom constant moeten worden aangepast, om continue te kunnen verbeteren en de drukte op de speciale tafel te kunnen voorkomen.

Doordat er in de toekomst volgens een vaste planning wordt gewerkt zal er nauwelijks meer een verschil zijn tussen de productietijd van verschillende orders. De variatie wordt dus geëlimineerd en ARA krijgt een beter beeld van de daadwerkelijk benodigde productietijd. Om de oplossing te kunnen testen zou ARA het aantal keren dat er moet worden omgesteld en het aantal keer dat de speciale tafel overbelast wordt, kunnen tellen. Deze gegevens zullen uitwijzen of de oplossing tot een betere situatie heeft geleid.

Het werken volgens de planning in Figuur 5-6 is de oplossing voor het probleem, maar hoe kan ARA ervoor zorgen dat er daadwerkelijk volgens deze planning geproduceerd wordt? Zoals eerder genoemd in dit verslag is de productie opgedeeld in QRM cellen, dit betekent dat de productie wordt uitgevoerd door een zelfsturend team, bestaande uit monteurs die alle activiteiten binnen het team kunnen uitvoeren. Een van deze monteurs is de teamleider en stuurt de werkzaamheden aan. De teamleden houden zich alleen bezig met de productie binnen de aan hun toegewezen QRM cel en houden zich niet bezig met andere zaken. Tegelijkertijd zijn er ook geen medewerkers van buiten het team die zich bezig houden met activiteiten binnen deze QRM cel.

Om ervoor te zorgen dat dit team volgens de nieuwe planning te werk kan gaan en blijft gaan, moet de teamleider op de hoogte worden gesteld van de veranderingen. De teamleider zal niet langer ad hoc taken hoeven verdelen, maar zal van tevoren een planning moeten maken en deze uitvoeren. De teamleider zal hiervoor overtuigd moeten worden van het feit dat deze nieuwe werkwijze beter is. Dit geldt ook voor de overige teamleden, omdat dit de motivatie bevordert.

Verder stellen de teamleden veel vragen aan de teamleider, omdat niet duidelijk is wat ze moeten doen. Een performance board zorgt ervoor dat niet alleen de teamleider weet wat er moet gebeuren, maar ook de rest van het team (Hefley, 2014). Door aan het begin van elke dag kort samen naar het bord te kijken kan ieder teamlid direct zien wat ze moeten doen en wat de voortgang is. De teamleider kan tijdens die korte meeting waar nodig vragen beantwoorden en extra opdrachten geven. Ook is het een goed moment om dingen te benoemen waar het team goed op moet blijven letten als de aandacht dreigt te verslappen.

In Appendix M: Performance board op dag 10, is het performance board te vinden. Het bord geeft alle stappen weer die een subassemblage moet doorlopen. In de "To-do kolom" staan alle handelingen die nog moeten worden verricht. Deze handelingen zijn volgens de planning verdeeld over de monteurs. De handelingen zijn in vier verschillende kleuren terug te vinden op het bord en elke kleur behoort tot één monteur. De "To-do Today kolom" bevat alle handelingen die de monteur vandaag moet doen. De "In Progress kolom" bevat de taken waar de monteur op dat moment mee bezig is. Als de monteur klaar is met assembleren zet hij de taak in de kolom "Ready for Testing" en vraagt een collega om te testen. Zodra de collega gaat testen wordt de taak in de kolom "Testing + Packaging" gezet. De collega gaat dan testen, terwijl de eerste monteur de spullen voor het

verpakken klaar zet. Zodra het testen klaar is pakt de eerste monteur het product in en wanneer hij hiermee klaar is, verplaatst hij de taak naar de kolom “Done” en begint aan zijn volgende taak.

Verder bevat het performance board de kolommen “Fault” en “Comment”. Deze kolommen zijn bedoeld voor de assemblage waar een probleem bij is ontstaan. In de huidige situatie wordt het product op een willekeurige plek weggelegd en het probleem bij de teamleider gemeld, maar nergens wordt een duidelijke indicatie gegeven dat er een probleem is en welke assemblage het betreft. Door op het performance board de taak in een speciaal vak te zetten, is meteen zichtbaar dat er een probleem is met die assemblage en zolang het daar blijft is het nog niet opgelost. In de kolom “Comment” kan het probleem worden beschreven, zodat de teamleider weet wat hij moet doen om het op te lossen. Verder moet er ruimte overblijven om extra informatie op weer te geven, die gebruikt wordt tijdens de korte meeting aan het begin van de dag. Bijvoorbeeld een grafiek die aantoont dat de productietijd afneemt, dus dat er goed gewerkt wordt.

Het performance board is een handige tool om overzicht te creëren, maar dit overzicht moet ook op de vloer worden gerealiseerd. Door middel van de 5s en red flag methode kan het overzicht dat het performance board creëert worden overgebracht op de productievloer. Zo moet er een rek komen met alle opdrachten die nog gedaan moeten worden, de “To-do Cart”, een rek met alle opdrachten die klaar zijn om getest te worden, de “Ready for testing Cart”, een rek met alle opdrachten waar een probleem mee is, de “Fault Cart”, en een rek met alle afgeronde projecten, de “Done Cart”. Ook moeten alle werkplekken zo ingericht worden, dat alle opdrachten er geassembleerd kunnen worden en moeten er red flags aan het performance board worden toegevoegd, die omhoog kunnen worden gezet als er een probleem met een subassemblage is.

Tot slot moet er rekening worden gehouden met de motivatie van de monteurs. Doordat er een vaste planning is, kan het werk als saai en eenduidig worden ervaren door de monteurs. Het is dus van belang om een monteur niet telkens hetzelfde werk te laten doen. De planning kent vier trajecten en elk traject moet door één monteur worden uitgevoerd. Door de trajecten een kleur te geven en aan het begin van de productie stroompjes te trekken, krijgen de monteurs telkens een andere kleur toegewezen en hoeven ze niet altijd hetzelfde te doen. Dit is een manier om te rouleren, maar er zijn nog heel veel andere manieren te bedenken.

5.4 Keuze en resultaat

In de drie voorgaande paragrafen zijn oplossingen gegeven voor de drie kernoorzaken, maar welke oplossing is het beste en wat is het resultaat van deze oplossing? Om te bepalen welke oplossing het beste is, zal er worden gekeken naar wat de oplossing oplevert, maar ook naar wat er moet worden geïnvesteerd om de oplossing te kunnen realiseren. Wellicht brengt de oplossing nieuwe problemen met zich mee, dus er zal ook naar de voor- en nadelen per oplossing gekeken moeten worden. In de volgende paragraaf wordt er een keuze gemaakt tussen de oplossingen en wordt deze keuze toegelicht.

5.4.1 Beslissingscriteria

Om te kunnen bepalen of een oplossing goed is, zijn er enkele beslissingscriteria opgesteld. Met behulp van deze criteria wordt de oplossing gemeten. De oplossing die het beste scoort op deze criteria zal worden gekozen.

Het doel van het onderzoek is om naar mogelijkheden te zoeken voor het verkorten van de MCT, dus de belangrijkste indicator is tijd. De oplossing moet zo veel mogelijk tijd besparen, dus tijdsbesparing is de belangrijkste indicator. QRM heeft een speciaal getal hiervoor, het QRM-getal. Een manier om tijd te besparen is door onnodige bewegingen te elimineren. Verder zijn zowel Lean manufacturing als QRM gericht op het elimineren van variatie, dus de oplossing zal hier ook op worden gescoord. Tot slot is het voor ARA van belang om niet alle variatie te elimineren. De strategische variatie moet worden behouden, omdat dit de kracht is van ARA en het QRM principe. De oplossing mag het soepel omstellen dus niet verzwaren.

De oplossingen worden dus beoordeeld op de volgende drie punten:

- Tijdsbesparing (QRM-getal)
- Elimineren van onnodige bewegingen
- Variatie elimineren
- Behoud van strategische variatie

5.4.2 Keuze voor oplossingen voor variatie in productietijd en resultaat

Het eerste probleem dat moet worden opgelost is de grote variatie in productietijd. Hiervoor zijn twee methoden bedacht.

Oplossing 1.1: Het extra document

Het maken van een extra document met daarin een fotorapportage kost tijd. Het verschilt per subassemblage hoeveel tijd dit precies is. De tijd die nodig is voor het maken van een fotorapportage is door de R&D-afdeling geschat op 30 uur.

Het extra document moet ervoor zorgen dat de monteur weet wat hij moet doen zonder constant vragen te stellen. Dit zorgt ervoor dat zowel de onervaren als de ervaren monteur door kunnen werken en het voorkomt dat de onervaren monteur stappen over moet doen nadat hij de verkeerde volgorde heeft gehanteerd. De verwachting is dat het extra document de informatie geeft die een gemiddelde monteur ook heeft, waardoor de onervaren monteur even snel moet kunnen werken als een gemiddelde monteur. Ook is de verwachting dat het extra document fouten door verkeerde volgorde of slordigheden kan voorkomen, door de bij de foto geplaatste opmerkingen. Deze fouten worden door elk type monteur gemaakt, dus ook de ervaren en de gemiddelde monteur zullen sneller werken met behulp van het extra document.

Om te achterhalen hoeveel tijd er bespaard kan worden door een fotorapportage toe te voegen is voor 10 orders gekeken hoelang er over een subassemblage is gedaan en welk type monteur eraan heeft gewerkt. In Tabel 5-1 zijn de gemiddelde productietijden voor elke subassemblage per type monteur weergegeven. Voor de E-verzameldoos waren de gegevens te veel vervuild, dus deze subassemblage ontbreekt in de tabel. Verder is er onderscheid gemaakt tussen een snelle monteur die volledig gefocust is op zijn werk en een snelle monteur die samen werkt met een onervaren monteur, de "helpende snelle monteur". Niet voor elke subassemblage heeft de situatie zich voorgedaan dat er een snelle monteur met een onervaren monteur heeft samengewerkt, dus in deze kolom zijn enkel cellen leeg.

Tabel 5-1: Gemiddeld benodigde tijd voor een subassemblage per type monteur

Subassemblages	Benodigde tijd onervaren monteur	Benodigde tijd gemiddelde monteur	Benodigde tijd snelle monteur	Benodigde tijd helpende snelle monteur
zekeringkast	60:32:48	36:03:18	32:35:51	45:41:48
kabelboom Xf	10:29:24	6:52:30	6:28:24	
console	27:47:15	22:57:33	20:11:53	27:19:39
kast 4W-besturing	14:14:54	8:56:10	8:32:06	
cabine	15:15:36	11:15:57	9:54:40	11:24:36
kabelboom Xd	5:58:12	4:32:24	3:23:38	
kabelboom motor	11:02:24	7:55:03	5:35:18	
Totaal	145:20:33	98:32:54	86:41:49	84:26:03

Het ontbreken van een duidelijk productiedossier zorgt er duidelijk niet alleen voor dat een onervaren monteur meer tijd nodig heeft, maar ook de ervaren monteur heeft meer tijd nodig als gevolg van de vragen die de onervaren monteur aan hem stelt. Het toevoegen van een extra begeleidend document zou ervoor kunnen zorgen dat de onervaren monteurs even snel kunnen werken als de gemiddelde monteur en zal de snelle monteur ongestoord door kunnen werken.

Het verschil tussen een onervaren monteur en een gemiddelde monteur voor het assembleren van een volledige order is $2 * (145:20:33 - 98:32:54) = 93:35:17$, dus 93 uur en 35 minuten. Daarbij komt ook nog dat een onervaren medewerker voor verstoringen bij de snelle monteurs zorgt. Een onervaren monteur vertraagt de ervaren monteur met $\frac{84:26:03 - 62:42:24}{62:42:24} = 0,35$, dus 35%.

In de huidige situatie wordt er gewerkt door twee onervaren monteurs, één gemiddelde monteur en één snelle. Het aanleveren van het extra document zorgt ervoor dat de onervaren monteur even snel kan werken als een gemiddelde monteur en voorkomt verstoringen bij de ervaren monteur. De

besparing in de huidige situatie is dus 46 uur en 47 minuten plus $\frac{86:41:49}{2 * 135} * 100 = 11:14:19$, dus

in totaal 58 uur. 58 uur door vier gedeeld maakt 14 uur en 30 minuten per monteur. In Tabel 5-2 is te zien dat de investering in iets meer dan een halve order al is terugverdiend.

Tabel 5-2: De investering vergeleken met de winst

Investering (uur)	Winst per order (uur)	Terugverdienaantal (orders)
30	58	0,52

Eerder in het verslag is het QRM-getal genoemd als goede meetwaarde voor een tijdbesparende oplossing. In de vergelijking hieronder wordt het QRM-getal voor deze oplossing berekend. De huidige MCT is 17 dagen, 2 uur en 40 minuten. De MCT na het aftrekken van de besparingen is 15 dagen 1 uur en 40 minuten. Er vanuit gaande dat de White Spaces gelijk blijven, komt het nieuwe QRM-getal uit op:

$$QRM - getal = \frac{138,67}{121,61} * 100 \approx 114$$

De verwachting is dat het QRM-getal in werkelijkheid nog hoger uit zal vallen, vanwege het verminderen van omsteltijden, doordat elke monteur nu alles kan maken. Ook zullen de gemiddelde monteurs en de ervaren monteurs efficiënter werken met behulp van het betere productiedossier.

Buiten het besparen van tijd, zorgt deze oplossing ook voor het elimineren van de variatie in de productie. Door een werkvolgorde en werkomschrijving te maken, zullen de monteurs allemaal op dezelfde manier een order assembleren, waardoor de productietijden ook meer hetzelfde zullen zijn. In deze situatie zal de variatie niet volledig worden geëlimineerd, omdat het hier gaat om menselijk handelen en niet om machines. Er zal altijd verschil blijven in het werk van verschillende monteurs, maar met deze oplossing zal deze variatie wel tot het minimum worden beperkt.

Deze oplossing zorgt ervoor dat de strategische variatie niet wordt uitgesloten. Het is namelijk heel simpel om wijzigingen door te voeren in de fotorapportage. Een foto kan gemakkelijk vervangen worden door een andere of er kan een foto toegevoegd worden. Soms is het toevoegen van een opmerking ook genoeg. Voor de andere documenten blijft de methode om wijzigingen door te voeren hetzelfde.

Buiten de hoofdcriteria is er een groot nadeel aan deze oplossing, namelijk het feit dat er nog een extra stapel papier op het bureau van de monteur komt te liggen. De monteur heeft nu meerdere losse bestanden, die samen genoeg informatie bevatten voor de monteur om het product te kunnen assembleren. Het uit meerdere bestanden vissen van informatie brengt het risico met zich mee dat de werkplek van de monteur een chaos wordt, wat opnieuw voor verstoringen in de vorm van onnodige bewegingen zorgt.

Oplossing 1.2: Een volledig nieuw dossier

Evenals voor de eerste oplossing geldt dat het maken van het dossier tijd kost. Het volledige dossier maken, kost volgens de R&D-afdeling 48 uur. De extra tijd ten opzichte van de eerste oplossing komt door het bij elkaar zoeken en bundelen van de informatie vanuit de verschillende documenten. De verwachting is dat door deze oplossing een onervaren medewerker ook op het niveau van een gemiddelde werknemer komt. De besparing zou dus hetzelfde moeten zijn, maar er wordt meer tijd bespaard met deze oplossing. De tijd die de R&D nu moet stoppen in het bij elkaar zoeken van alle informatie uit de verschillende documenten wordt namelijk ook bespaard. Het bij elkaar zoeken van die informatie moet de monteur anders zelf doen bij elke order. In Tabel 5-3 is de investering en de winst voor deze oplossing weergegeven

Tabel 5-3: De investering vergeleken met de winst voor oplossing 2

Investering (uur)	Winst per order (uur)	Terugverdienaantal (orders)
48	76	0,63

Het terugverdienaantal is lager voor oplossing 1.2 dan voor oplossing 11, maar de investering is nog steeds na de eerste order al terugverdiend. Het QRM-getal voor de tweede oplossing zal hoger zijn, omdat de winst per order hoger is. Het QRM-getal voor oplossing 1.2 is:

$$QRM - getal = \frac{138,67}{116,32} * 100 \approx 119$$

Het QRM-getal voor oplossing 1.2 is inderdaad hoger, dus ARA zou voor deze oplossing moeten gaan als het alleen naar de tijdsbesparing zou kijken, echter moet er ook naar variatie en de strategische variatie worden gekeken.

Het volledige dossier zorgt ervoor dat de vrijheid van de monteur in de wijze waarop hij te werk gaat wordt beperkt. De monteur werkt nu één voor één de pagina's af. Voor deze oplossing geldt hetzelfde als voor oplossing 1.1, de productie wordt uitgevoerd door mensen, dus er blijft altijd een mate van variatie. De strategische variatie blijft net als met oplossing 1.1 intact, want het dossier is op dezelfde manier aan te passen als met oplossing 1.1.

Dus de tijdsbesparing per order is groter voor oplossing 1.2 en op het elimineren van variatie en het behouden van de strategische variatie hebben beide oplossingen hetzelfde effect. Oplossing 1.2 voorkomt dat er onnodig veel gezocht wordt naar het juiste document, dus oplossing 1.2, het maken van een volledig productiedossier zal moeten worden gekozen.

5.4.3 Keuze voor oplossingen voor onnodige bewegingen en resultaat

Uit de analyse is gebleken dat de onnodige bewegingen voortkomen uit het gebrek aan onderdelen en gereedschap. Er zijn in paragraaf 5.2 vijf oplossingen bedacht, die ervoor moeten zorgen dat de monteur tijdens het werk niet meer heen en weer hoeft te lopen. De eerste oplossing is voornamelijk gericht op het gereedschap en de overige 4 zijn meer gericht op de grijpvoorraad. Het idee achter deze oplossingen is dat elke monteur beschikt over alles wat hij nodig heeft om een volledige order te produceren zonder veel te hoeven lopen. Als elke monteur een volledig gevulde gereedschapskist/kar heeft, is de noodzaak om op te staan om gereedschap te halen geëlimineerd.

Volgens de monteurs zijn ze ongeveer 15 minuten per dag kwijt aan het zoeken naar en wachten op het juiste gereedschap. In de huidige situatie wordt er 14 dagen geproduceerd, dus er kan $14 \times 15 = 210 \text{ min.}$ bespaard worden per monteur. Dit staat gelijk aan 3,5 uur. Doordat de vier monteurs parallel aan elkaar werken staat de besparing in de MCT gelijk aan 3,5 uur.

Indien oplossing 2.1 wordt doorgevoerd zal het QRM-getal als volgt zijn:

$$QRM - \text{getal} = \frac{138,67}{134,55} \times 100 \approx 103$$

Het zorgen voor gereedschap voor elke monteur is de eerste oplossing voor de onnodige bewegingen. Er zijn ook 3 mogelijke oplossingen bedacht voor de beweging naar de grijpvoorraad. Al deze oplossingen zorgen ervoor dat de monteur nooit meer zelf onderdelen hoeft te halen. De besparing die kan worden gerealiseerd is voor elke oplossing dus hetzelfde. Om een keuze te kunnen maken tussen deze oplossingen zal er dus naar het effect van elke oplossing op de variatie en strategische variatie worden gekeken en naar overige voor en nadelen.

De besparing die kan worden gehaald is gelijk aan de tijd die een monteur nu kwijt is om alle onderdelen bij elkaar te zoeken. Om alle grijpvoorraad onderdelen te verzamelen voor alle subassemblages in een cabine is een monteur gemiddeld 26 uur en 6 minuten kwijt. Dit betekent dat er gemiddeld per order 52 uur en 12 minuten kan worden bespaard. Ook deze besparing zal over vier monteurs worden verdeeld, dus de besparing in de totale MCT zal $52,2/4 = 13,05$, lees 13 uur en 3 minuten bedragen. Bovenop de besparing door het gereedschap van oplossing 2.1, zorgt dit voor het volgende QRM-getal:

$$QRM - getal = \frac{138,67}{119,21} \times 100 \approx 116$$

De besparing die kan worden gerealiseerd is dus hetzelfde voor oplossing 2.2-2.4, maar welke van deze oplossing zou ARA het beste kunnen doorvoeren? Oplossing 2.2 betreft het aanleveren van de grijpvoorraad vanuit het magazijn. De grijpvoorraad onderdelen gaan geregeld kapot tijdens de productie. Het zijn vaak kleine goedkopere onderdeeljes die worden verloren als ze op de grond vallen of kapot gaan als de monteur een foutje maakt. Als de raper de monteur er precies genoeg heeft gegeven en de monteur raakt er een kwijt, dan moet de monteur alsnog naar het magazijn om nieuwe te halen. Aan de andere kant moet de monteur als hij klaar is de overgebleven onderdelen terugbrengen als hij er voor de zekerheid meer heeft gekregen. Dit zorgt opnieuw voor onnodige bewegingen en variatie, dus oplossing 2.2 is geen goede oplossing.

Oplossing 2.3 lost het probleem dat oplossing 2.3 heeft op. In plaats van per subassemblage de grijpvoorraad te rapen, krijgt de monteur een kist waar alle grijpvoorraad voor alle subassemblages in zit. In deze kist zit een flink aantal van alle onderdelen waar de monteur mee kan werken. Dit aantal is bepaald door het minimaal benodigde aantal te bepalen plus een veilige marge vanwege kwijtraken of kapot maken van onderdelen. Deze kist of bak moet mobiel zijn, omdat een monteur niet constant op dezelfde plek aan het werk is. Het probleem met deze kist is dat deze erg groot en zwaar wordt, aangezien er meer dan 60 verschillende onderdelen in moeten kunnen. Dit maakt het ook onoverzichtelijk en zorgt ervoor dat de kist heel veel ruimte inneemt op de werkplek.

Oplossing 2.4 lost het probleem van oplossing 2.3 op. Deze oplossing stelt dat de inhoud van de kistjes gebaseerd moet zijn op de onderdelen per subassemblage. Op deze manier hoeven de kistjes lang niet zo groot te zijn en blijft het veel overzichtelijker. Deze kistjes kunnen makkelijk aangepast worden als er een typewijziging heeft plaatsgevonden, door onderdelen toe te voegen of te wisselen. Wel is een nadeel van deze oplossing dat de monteur niet aangeeft dat het kistje moet worden aangevuld wanneer hij ermee klaar is, waardoor de monteur die na hem dat kistje nodig heeft tekort komt en als nog moet gaan lopen of moet wachten op de milkman. Dit kan echter simpel worden voorkomen door aan de quality checklist het controleren van de voorraad toe te voegen. Als het product af is moet het getest worden en de tester kan dan gelijk checken of het kistje nog vol genoeg zit of niet.

Dus oplossing 2.4 is de beste oplossing voor het probleem. De oplossing voorkomt onnodige bewegingen en variatie en is makkelijk aan te passen, waarmee het de strategische variatie ten goede komt. Verder lost deze oplossing het probleem daadwerkelijk op in plaats van het weer bij het magazijn neer te leggen. Deze oplossing zorgt er namelijk voor dat er maar een enkele keer grijpvoorraad geraapt moet worden en dat wordt dan ook direct in grote aantallen gedaan. In plaats van telkens een enkel onderdeel te pakken, wordt nu om de zoveel keer het bakje aangevuld, dus ook de raper in het magazijn, of in dit geval de milkman, is maar weinig tijd kwijt met het aanvullen van grijpvoorraad.

5.4.4 Resultaat door de oplossing voor verstoringen en gebrek aan overzicht

Voor het gebrek aan planning was de oplossing het maken van een planning. Om de planning duidelijk over te brengen naar het team zal er ook een performance board komen en zal de indeling van de vloer aangepast worden. Deze aanpassingen zullen voor overzicht en duidelijkheid moeten zorgen. De oplossing heeft effect op de White Spaces binnen de MCT. Het aantal onnodige

omstellingen zal afnemen en ook de vertraging door onduidelijkheid. De planning samen met het performance board zullen ervoor zorgen dat de monteurs op elke moment weten wat de voortgang is en wat ze moeten doen, waardoor de productie veel constanter zal verlopen en er weinig verschil zal zijn in productietijd tussen de verschillende orders.

5.4.5 Conclusie

Op basis van vier criteria is er voor elke hoofdoorzaak een oplossing gevonden. Om de variatie in de productietijden te elimineren, moet er een volledig en duidelijk productiedossier komen. De onnodige bewegingen kunnen worden geëlimineerd door elke monteur te voorzien van een volledige set gereedschap en door bakjes te maken met daarin de grijpvoorraad per subassemblage. De verstoringen door het gebrek aan planning kunnen worden voorkomen door een realistische planning en een performance board te maken en door de vloerindeling aan te passen met behulp van visueel management technieken.

6 Implementatiestrategie

In dit hoofdstuk wordt de implementatiestrategie voor de oplossingen beschreven. Hiermee geeft dit hoofdstuk antwoord op de laatste deelvraag *“Hoe zouden de gevonden oplossingen het best kunnen worden geïmplementeerd?”* Deze implementatie strategie is bedoeld om ARA te helpen bij het doorvoeren van de verbeteringen in de praktijk en houdt hierbij rekening met belanghebbenden en mogelijke obstakels.

Allereerst zal door de manager productie en de teamleider van het leanteam aan alle belanghebbenden uitleg moeten worden gegeven over de situatie en zal duidelijk gemaakt moeten worden wat voor effect de veranderingen zullen hebben op hun situatie. Een gesprek met het productieteam met daarin een presentatie van de uitkomsten van het onderzoek zal de eerste stap zijn. ARA is druk bezig met draagvlak te creëren onder de werknemers, dus het is van belang om het doel bekend en begrijpelijk te maken. Iedereen moet inzien dat de veranderingen goed zijn en moet achter het doel staan, anders zal het resultaat juist negatief zijn.

Buiten de monteurs op de vloer zullen ook de overige partijen geïnformeerd moeten worden. Zo moeten de magazijnmedewerkers weten dat de toelevering van orders anders zal verlopen en dat er een milkman komt die vanuit het magazijn opereert. Ook de klant moet op de hoogte worden gesteld van het feit dat de cabines eerder klaar zijn en geleverd kunnen worden.

Omdat de oplossingen vragen om een andere indeling van de vloer en een andere werkwijze, zullen er ook nieuwe regels en afspraken gemaakt moeten worden. De teamleider zal samen met het team het nieuwe proces moeten bespreken en handavingsregels op moeten stellen, om ervoor te zorgen dat de nieuwe werkwijze ook wordt toegepast. Verder zal het gehele productieteam een grote schoonmaak moeten houden, om alle bruikbare dingen boven tafel te krijgen en alle rommel weg te gooien. Vervolgens zal de teamleider moeten bepalen wat er nog aangeschaft moet worden, zodat de nieuwe indeling kan worden gemaakt.

Tijdens het omstellen van de indeling zullen de grijpvoorraadkistjes gevuld moeten worden en daarvoor zal de indeling van deze kistjes bepaald moeten worden op basis van de stuklijst. De indeling van deze kistjes zal door mijzelf worden bepaald en het vullen zal worden gedaan door een groepje werknemers. Met behulp van deze kistjes kan vervolgens de productie worden uitgevoerd en kan gelijk door de monteurs getest worden of de stuklijst correct is. Wijzigingen kunnen direct door de teamleider worden doorgevoerd, zodat in de toekomst fouten kunnen worden voorkomen.

Voordat de productie begint zal er een planning moeten worden gemaakt door de teamleider en na elke order worden bijgewerkt, omdat het proces verandert door de verbeteringen. Doordat de productietijd wordt verkort zal de planning achterhaald worden en weer voor verstoringen zorgen. Om dit te voorkomen zal de planning dus na elke order moeten worden aangepast, totdat de productietijden constant blijven. Om ervoor te zorgen dat de planning nageleefd wordt, zal elke ochtend de productie moeten starten met een kort teamoverleg voor het performance board. De teamleider moet ervoor zorgen dat dit echt elke dag gebeurt. Tijdens deze meetings kan de teamleider er ook voor zorgen dat de aandacht op het continue blijven verbeteren niet verslapt, door de monteurs op bepaalde punten te wijzen of door doelen voor die dag op het bord te zetten.

Tijdens het maken van de eerst volgende order in de nieuwe indeling zal de monteur de documentatie voor het productiedossier moeten opmaken door foto's te maken van cruciale stappen

en opmerkingen te noteren. Zo zal de eerste order in de nieuwe indeling juist langer nodig hebben dan voorheen, maar dit zorgt ervoor dat de volgende orders juist veel sneller geproduceerd kunnen worden.

Met het doorvoeren van de oplossingen moet er wel rekening gehouden worden met enkele valkuilen. Zo is er het gevaar dat de ervaren monteurs niet volgens de nieuwe methode willen werken, omdat ze al jaren op de huidige manier werken en niet anders willen. Daarbij vinden de monteurs het zelf niet erg om af en toe rond te lopen, dus door ervoor te zorgen dat dat niet meer nodig is, doe je ze geen plezier. Het is van belang om de monteurs gemotiveerd te houden en in te laten zien dat de nieuwe methode voor hen ook beter is. Een manier om dit te doen is door een lean/QRM medewerker van de maand te introduceren en hier een kleine prijs aan vast te knopen. Zo kun je de medewerker die zich hard heeft ingezet voor verbetering belonen en de rest stimuleren ook erin mee te gaan.

Tot slot is het belangrijk om te voorkomen dat er wordt teruggevallen naar de oude situatie. Bijvoorbeeld, als er een fout is gemaakt bij het indelen van de bakjes en er een onderdeel in ontbreekt, moet dit direct opgelost worden. Op een geschikt moment zullen de bakjes dan moeten worden aangepast. De valkuil is dat monteurs zelf het ontbrekende onderdeel gaan halen, ze weten immers toch waar het ligt, en niet doorgeven dat het bakje niet compleet is. Zo zal telkens weer de monteur op moeten staan om dat onderdeel te halen. Dit kan voorkomen worden door ervoor te zorgen dat de monteur achter het nieuwe systeem staat en actief meehelpt of door ervoor te zorgen dat de monteur niet zelf meer het onderdeel kan pakken. Bijvoorbeeld door de voorraad achter een gesloten deur te plaatsen.

7 Conclusie, discussie en aanbevelingen

Tot nu toe heeft het onderzoek antwoord gegeven op alle vooraf gestelde deelvragen. Door deze antwoorden samen te voegen zou het antwoord op de hoofdvraag naar voren moeten komen.

Hoe kan de MCT in werkelijkheid worden gereduceerd?

Om de geplande MCT te kunnen realiseren moet ARA in minder tijd hetzelfde produceren en hoe ze dit kunnen doen is in de voorgaande hoofdstukken duidelijk geworden. Ze zullen de oplossingen die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen moeten toe passen. Door de implementatiestrategie te volgen zal ARA snel het gewenste effect bereiken. Het onderzoek heeft namelijk aangetoond dat er veel tijd kan worden bespaard, maar hoeveel tijd kan er precies bespaard worden?

De huidige MCT is 17 dagen en 2 uur. De verschillende oplossingen die zijn bedacht voor de problemen zorgen elk voor een bepaalde tijd aan besparing. In Tabel 7-1 wordt deze besparing per oplossing weergegeven.

Tabel 7-1: Besparingen in dagen per oplossing

Resultaat oplossing variatie in productietijd	Resultaat oplossing onnodige beweging
2,79	2,43

De totale productietijd die kan worden bespaard is gelijk aan 5 dagen 1 uur en 45 minuten. De planning geeft aan dat er in 17 dagen 5 uur en 25 minuten kan worden geproduceerd met de huidige productietijd en met een bezettingsgraad van 85%. Met de besparingen in productietijd zou de MCT dus uitkomen op 12 dagen 4 uur en 25 minuten. Hierin is geen rekening gehouden met de mogelijke besparingen die kunnen voortkomen uit het werken volgens een vaste planning en het overzichtelijk maken van de taken en voortgang.

De besparing is puur vanuit het oogpunt van het “tijddenken (Suri, 2011)” in tijd uitgedrukt. Er is hierdoor niet gekeken naar de besparing die voortvloeit uit het feit dat je in dezelfde tijd met minder monteurs een order kunt produceren. Het extra loon dat niet langer nodig is maar ook het dubbel uit betalen van overuren en werken in het weekend zijn niet meegenomen. De besparing zou in werkelijkheid dus veel hoger uit kunnen vallen dan zojuist berekend. Verder brengt het werken met extra veel monteurs ook nog veel verspilling met zich mee, doordat er niet genoeg gereedschap voor elke monteur aanwezig is en ze op elkaar moeten wachten. Ook deze tijd zou bespaard worden met het invoeren van de oplossingen.

Voor het onderzoek zijn alle externe factoren niet meegenomen, zo is er vanuit gegaan dat altijd alles aangeleverd was en dat alle voorbereidingen op tijd afgerond waren. In de werkelijkheid zijn er veel verstoringen veroorzaakt doordat er gewacht moest worden op voorgaande bewerkingen of niet geleverde onderdelen. Om het proces daadwerkelijk sneller te laten verlopen, zal ARA ervoor moeten zorgen dat deze verstoringen niet meer voorkomen. Als de productie in de cabinebouw sneller gaat, zullen de onderdelen ook sneller aangeleverd moeten worden. Dit moet goed geregeld worden om de productie daadwerkelijk sneller te kunnen laten gaan.

Tot slot zou ik ARA willen aanbevelen om bepaalde bewerkingen te automatiseren, of de mogelijkheden hiertoe te onderzoeken. Momenteel wordt er heel veel tijd besteed aan het maken

van kabelbomen, dus het knippen, strippen en inkrimpen van draad. Dit zijn zeer tijdrovende bezigheden, die makkelijk kunnen worden geautomatiseerd. Er bestaan verschillende machines voor het knippen van draad of voor het strippen en inkrimpen van draad. Er zijn zelfs machines die zowel knippen als strippen en ook nog labelen in één run. Met de aanschaf van een dergelijke machine zou ARA veel tijd kunnen besparen.

Bibliografie

Apparatenfabriek ARA BV. (sd). *Visie van nivoge-groep/ara*. Opgeroepen op maart 10, 2016, van Nivoge-groep/ara: <http://www.nivoge-groep.nl/ara/visie/>

Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox*. Buckingham: PICSIE books.

Groothuis, E. (2016, Juni 17). *dienstverlening total productive maintenance*. Opgehaald van Lean management professionals: <http://www.lean-management-professionals.nl/dienstverlening/tpm-total-productive-maintenance/>

Heerkens, H., & van Winden, A. (2012). *Geen Probleem*. Nieuwegein: Van Winden Communicatie.

Hefley, C. (2014, Februari 26). *map your process with kanban*. Opgeroepen op Augustus 26, 2016, van website van Leankit : <https://leankit.com/blog/wp-content/uploads/2014/02/Designing-Your-Kanban-Board-to-Map-Your-Process-PDF.pdf>

Maes, J., & Wiegel, V. (2015). *Succesvol Lean*. Amsterdam: Pearson Benelux.

Saxion. Saxion hogeschool, Enschede.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013 7th edition). *Operations Managment*. Harlow, United Kingdom: Pearson.

Suri, R. (2011). *QRM It's About Time (NL versie)*. Eindhoven: LeanTeam.

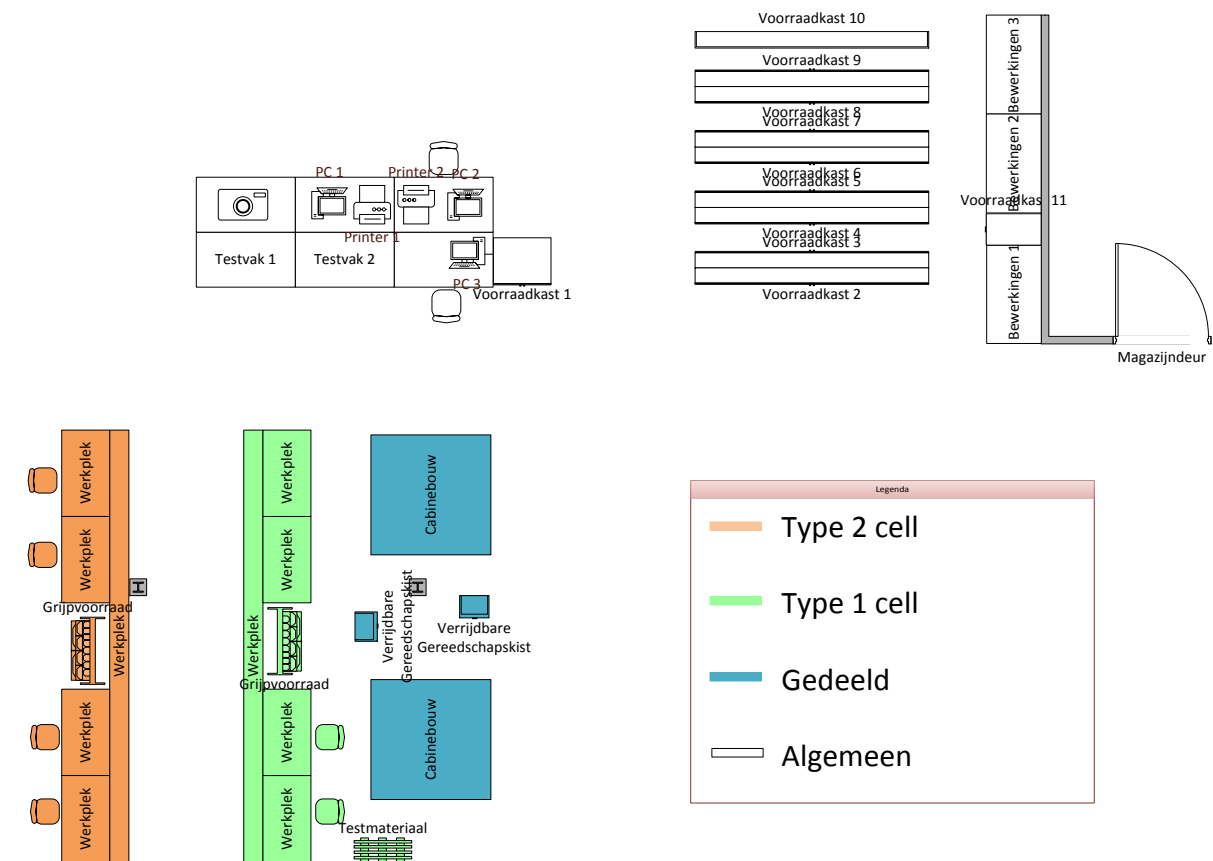
Appendices

In dit hoofdstuk zijn alle appendices te vinden.

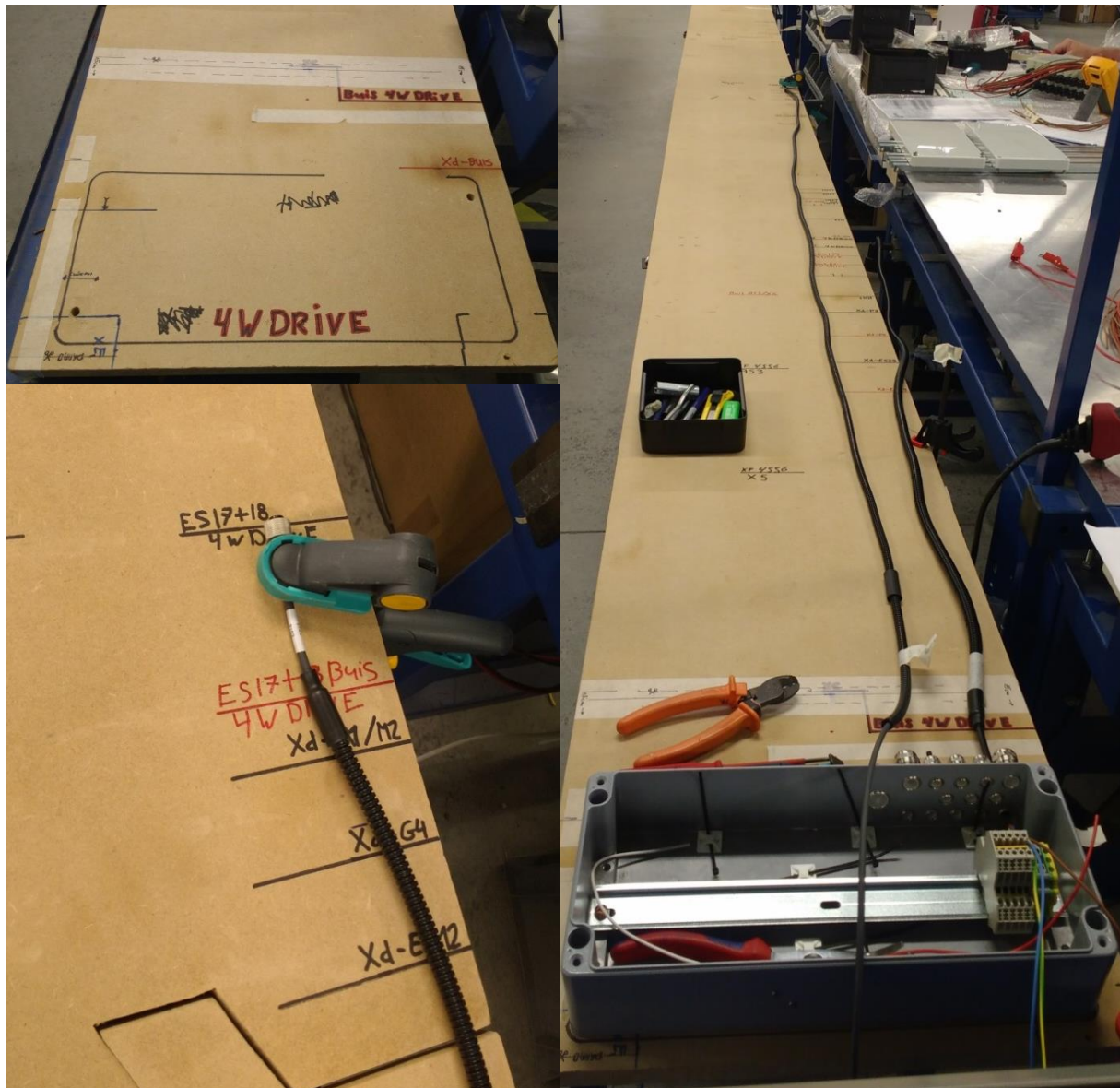
Appendix A: Een volledig afgebouwde Cabine



Appendix B: Plattegrond cabinebouw



Appendix C: Speciale tafel met maten voor assemblage kabelbomen



Appendix D: Spaghetti diagram

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "Spaghetti diagram zekeringkast".

Appendix E: Kruistabel voor bewegingen en onderlinge afstand

Zie bijgevoegd Excelbestand: "Kruistabel bewegingen".

Appendix F: Excelbestand voor Gantt Chart order 206784

Zie bijgevoegd Excel bestand: "Gegevensanalyse Gantt Chart order 206784".

Appendix G: Bouwtekening kast 4W-besturing

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "Bouwtekening 4W-besturing".

Appendix H: Wiring List kast 4W-besturing

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "Wiring list 4W-besturing".

Appendix I: Kabelschema kast 4W-besturing

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "kabelschema 4W-besturing".

Appendix J: Quality checklist kast 4W-besturing

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "Quality checklist 4W-besturing".

Appendix K: Stuklijst kast 4W-besturing

Zie bijgevoegd Pdf-bestand: "Stuklijst 4W-besturing".

Appendix L: 5s diagrammen

Zie bijgevoegd Visiobestand: "5s diagram".

Appendix M: Performance board op dag 10

To-do	To-do Today	In Progress	Ready for Testing	Testing + Packaging	Done
Cabine	Kast 4W besturing (S) Kabelboom XF (S)	Kast 4W-besturing (S)		Kast E-verzamelaar (V)	Zekeringkast Zekeringkast Kast E-verzamelaar (V) Kast E-verzamelaar (S) Kast E-verzamelaar (S) Kast E-verzamelaar (V)
Kabelboom XF (S) Cabine Kabelboom Xd (S) Kabelboom Xd (S) Motor kabel (S) Motor kabel (S)	Kabelboom XF (V) Kabelboom Xd (V)				Kast E-verzamelaar (V) Kast 4W-besturing (V) Kast 4W-besturing (S) Kabelboom Xd (V) Kabelboom Xd (V)
Motor kabel (V)		Motor kabel (V)			
Fault !		Comment			
Console		Onderdelen niet aanwezig!			
Console		Onderdelen niet aanwezig!			

