

'Snel met Lean'

Het Kanban Pull-Systeem

Jay Patandin
17 januari 2013

Snel met Lean

Het Kanban Pull-systeem

Bacheloropdracht

Student: Dhr. J. Patandin

Studentnummer: 0117870

Datum: 17 januari 2013

Plaats: Enschede

Studie: Technische Bedrijfskunde

Instelling: Universiteit Twente

Faculteit: Management en Bestuur

Examinator: ir. Sandor Löwik

Meelezer: dr. Jasper Veldman

Organisatie:

Afdeling: Operationeel management

Begeleider extern:

Managementsamenvatting

Aanleiding

De orders verlaten XXX te laat, dit ten nadele van de leverbetrouwbaarheid waar XXX voor staat. Dit zou veroorzaakt worden door grote tussenvoorraden, wat komt doordat orders niet continu ingevoerd en gecontroleerd worden. XXX zou graag zien dat de orders op tijd naar de klant worden verstuurd. Een mogelijke oplossing zou gevonden kunnen worden in het verkorten van de doorlooptijd aan de hand van de "Lean Principes".

Aanbevolen wordt

- gebruik te maken van een pull-systeem;
- deze op basis van Kanban en CONWIP;
- het ERP systeem aan te passen;

Motivatie

Uit de literatuurstudie is gebleken dat het gebruik van pull-systeem beter zou aansluiten bij een korte doorlooptijd. Er worden in dit onderzoek vier pull-systemen vergeleken op basis van het 'Lean denken'. Hierbij zou het Kanban systeem in de ideale situatie het beste passen bij XXX. Echter zal een strak Kanban systeem niet goed functioneren en is er een combinatie van CONWIP en Kanban nodig om dit te laten werken. De planning van de orders is belangrijk om het pull-systeem goed te laten werken. Het ERP systeem is hierbij een belangrijke schakel.

Consequenties

- De medewerker van de afdeling invoeren en controleren zal een grote rol gaan spelen in het goed functioneren van het nieuwe pull-systeem.
- Het ERP systeem zal moeten worden aangepast, zodanig dat deze alleen orders zal accepteren als deze daadwerkelijk geproduceerd kunnen worden.
- Er moeten signalen komen die de Kanban en CONWIP gaan ondersteunen op de *afdeling* afdeling. Deze signalen zullen worden geuit op een groot signaalbord.
- De kosten die dit bord met zich mee zullen brengen zijn naar verwachting te verwaarlozen. Het aanpassen van het ERP systeem zal kosten met zich meebrengen, maar doordat het ERP systeem al aanwezig is zullen deze niet hoog zijn.

Conclusie

De grootste verspilling van tijd wordt veroorzaakt door het lange wachten op het tussenstation na de orderpicking. Het juist implementeren van het beschreven pull-systeem zal leiden tot een verkorting van de doorlooptijd met 93,3%.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
1. Aanleiding en achtergrond	6
2. Probleemanalyse en Probleemstelling.....	6
2.1 Beknopte beschrijving van order verwerking	6
2.2 Toelichting Probleemdiagram.....	6
2.3 Probleemstelling	6
Definitie van kernbegrippen	6
Bijdrage van Bacheloropdracht aan de oplossing van het kernprobleem	6
2.3 De onderzoeksvraag	7
Onderzoeksvraag	7
Subvragen.....	7
3. Het onderzoeksontwerp en aanpak.....	8
3.1 De dataverzamelmethode en de dataverwerkingsmethode.....	8
3.2 De structuur van het rapport.....	9
4. Welk pull-systeem past het beste bij XXX aan de hand van theorieën?	10
4.1 De karakteristieken van Lean Manufacturing	10
De zeven vormen van verspilling	10
Wat is Value Stream Mapping?	11
4.2 Analyse van pull-systemen voor XXX.....	12
Kenmerken pull-systemen.....	16
Keuze van Kanban pull-systeem voor XXX.....	16
4.3 Wat is Kanban?	17
Kanban productiesystemen: Basissystemen en variaties.....	17
4.4 Ontwerpeisen van een Kanban Pull-systeem	22
5. Op welke wijze is de huidige situatie bij XXX ingericht op de <i>afdeling</i> afdeling en hoe wordt deze aangestuurd?.....	24
5.1 Value Stream Map van de huidige situatie van XXX.....	24
5.3 Hoe wordt de <i>afdeling</i> afdeling aangestuurd en wat is de huidige totale doorlooptijd?	24
6. Hoe ziet het ontwerp van het pull-systeem die het beste op de <i>afdeling</i> afdeling van XXX past eruit en hoe moet deze worden aangestuurd?	25
6.1 Hoe zou het model van een Kanban Pull-systeem bij XXX eruit zien?	25
6.2 Aansturing van orders	25
6.3 Signalen	25

6.4 Het aantal Kanbans	25
7. Hoe zal de implementatie er in de gewenste situatie bij XXX uitzien?	26
7.1 In hoeverre zijn de ontwerpeisen bij XXX te implementeren?	26
7.4 Een plan van evaluatie.....	26
8. Conclusie en Aanbevelingen.....	27
8.1 Conclusie.....	27
8.2 Aanbevelingen	28
Nawoord.....	29
Appendix A:	30
Appendix B:	30
Appendix C:	30
Appendix D:	30
Bibliografie	31

1. Aanleiding en achtergrond

In het kader van mijn Bacheloropdracht voor Technische Bedrijfskunde ben ik op zoek gegaan naar een bedrijf waar ik me bezig kon houden met optimalisatie. Mijn affiniteit voor optimalisatie is gekomen door het project proces- en organisatieanalyse waarbij 'Lean Manufacturing' centraal staat. Na een aantal bedrijven benaderd te hebben, ben ik in contact gekomen met 'XXX'.

2. Probleemanalyse en Probleemstelling

In dit hoofdstuk zal er een probleemanalyse worden gegeven die uiteindelijk zal leiden tot een probleemstelling. Om tot deze probleemstelling te komen zal er eerst een beknopte beschrijving komen van orderverwerking. Vervolgens zal het probleem, orders die XXX te laat verlaten, worden geanalyseerd aan de hand van een probleemdiagram.

2.1 Beknopte beschrijving van order verwerking

2.2 Toelichting Probleemdiagram

2.3 Probleemstelling

Probleemstelling: Wat moet er veranderd worden op de *afdeling* afdeling van XXX om ervoor te zorgen dat de orders volgens de afgesproken levertijd met de klant op tijd met XXX meegaan?

Definitie van kernbegrippen

Pull-systeem: Dat is een manier van produceren waarbij de producten/orders door het productieproces getrokken worden. Er wordt geproduceerd op basis van klantvraag.

Bijdrage van Bacheloropdracht aan de oplossing van het kernprobleem

Mijn bijdrage van de bacheloropdracht zal tot een oplossing moeten leiden die er mogelijk voor zorgt dat de orders XXX op tijd verlaten. Hierbij zal er een beschrijving worden gegeven van een aantal productiesystemen die hierbij een bijdrage zouden kunnen leveren. En hierbij worden gekeken vanaf het moment dat een order binnenkomt op de *afdeling* afdeling tot het moment dat de order klaar staat op met XXX XXX te verlaten. Als resultaat zal er een implementatieplan worden gemaakt met een mogelijk productiesysteem dat ervoor zou kunnen zorgen dat XXX op tijd zal leveren en zijn levertijdgarantie kan waarborgen.

2.3 De onderzoeksvraag

Onderzoeksvraag

Hoe ziet het ontwerp van een pull-systeem eruit op de afdeling bij XXX vanaf het moment dat de order aankomt in het magazijn tot op het moment dat de order klaarstaat om XXX te verlaten met XXX?

Subvragen

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn meerdere subantwoorden nodig. Om tot deze kernantwoorden te komen wordt gebruik gemaakt van subvragen die zelf ook weer kernantwoorden hebben (Steehouder, Jansen et al. 2005). De subvragen die gebruikt zullen worden om de onderzoeksvraag van dit onderzoek te beantwoorden zijn hieronder weergegeven:

- Welk pull-systeem past het beste bij XXX aan de hand van de theorieën?
- Op welke wijze is de huidige situatie bij XXX ingericht op de *afdeling* afdeling, hoe wordt deze aangestuurd en wat is de doorlooptijd?
- Hoe ziet het ontwerp van het pull-systeem die het beste op de *afdeling* afdeling van XXX past eruit en hoe moet deze worden aangestuurd?
- Hoe zal de implementatie er in de gewenste situatie bij XXX uitzien?

3. Het onderzoeksontwerp en aanpak

In dit hoofdstuk zal worden beschreven hoe de onderzoeksvragen zullen worden beantwoord. Op welke wijze de data zal worden verzameld en hoe de structuur van het rapport eruit zal zien. Het soort onderzoek is het beste te typeren als een beschrijvend onderzoek.

3.1 De dataverzamelmethode en de dataverwerkingsmethode

De data zal aan de hand van literatuurstudie, getallen uit het verleden en observatie (zelf meten) worden verzameld. De dataverwerking zal kwalitatief plaatsvinden.

- Welk pull-systeem past het beste bij XXX aan de hand van de theorieën?
Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zal er gebruik worden gemaakt van literatuurstudie. Hierbij zal er gebruik worden gemaakt van boeken met betrekking tot Lean Manufacturing. Om tot de basis te kunnen verdiepen zal er gebruik worden gemaakt van boeken die gebruikt zijn tijdens het project proces- en organisatieanalyse waarbij Lean Manufacturing centraal stond. Daarnaast zal er meer specifiek worden ingegaan op pull-systemen waarbij er gebruik gemaakt zal worden van een boek genaamd 'Kanban- Controlled Manufacturing Systems' die meer specifieke informatie geeft over de verschillende Kanban systemen.
- Op welke wijze is de huidige situatie bij XXX ingericht op de *afdeling* afdeling, hoe wordt deze aangestuurd en wat is de doorlooptijd?
Om een goed beeld van de huidige situatie te schetsen zal er een Value Stream Map (VSM) worden gemaakt, het is gebruikelijk dat er een VSM wordt gemaakt als er Lean Manufacturing wordt toegepast. Hierdoor zal het visueel ook duidelijker worden wat binnen de grenzen van het onderzoek valt. De doorlooptijd is aan de hand van een VSM overzichtelijk te bepalen. Aan de hand van de VSM zal er zichtbaar worden hoe de productie wordt aangestuurd en hoe de informatiestromen zich bewegen etc. Informatiestromen die door pull of push worden aangestuurd hebben respectievelijk andere symbolen om deze aansturing te visualiseren. Ook zal dit in de gewenste situatie en in het model worden gebruikt om het nieuwe productiesysteem ontwerp te visualiseren.
- Hoe ziet het ontwerp van het pull-systeem dat het beste past op de *afdeling* afdeling bij XXX eruit en hoe moet deze worden aangestuurd?
Hier zal er een duidelijk beeld worden geschetst over wat volgens de Kanban Pull-systeem theorieën als beste zou worden geacht voor XXX. De theorieën die besproken zijn zullen hierbij ook als basis dienen voor het ontwerpen van het Kanban systeem. Hierbij zal er

gebruik worden gemaakt van de ontwerpeisen die uit deze theorieën naar voren gekomen zijn. Deze ontwerpeisen van een Kanban pull-systeem zullen hier worden beschreven voor XXX binnen het onderzoekskader. Één van deze ontwerpeisen is de aansturing van het productieproces.

- *Hoe zal de implementatie er in de gewenste situatie bij XXX uitzien? Hierbij zullen de criteria waar pull-productie bij XXX aan moet voldoen naar voren komen. Aan de hand van de ontwerpeisen zal dit hoofdstuk uitspraak doen over de mate van haalbaarheid van pull implementatie aan de hand van Kanban. Deze zal tevens een VSM bevatten waarbij de verwachte doorlooptijd in wordt bepaald.*

3.2 De structuur van het rapport

Zoals al eerder is aangegeven, zullen de onderzoeksvragen op een chronologische volgorde worden beantwoord om uiteindelijk tot een resultaat te komen. Hierbij zal de volgende volgorde aangehouden worden: inleiding en achtergrond, theorieën, huidige situatie, gewenste situatie, implementatieplan en aanbevelingen.

4. Welk pull-systeem past het beste bij XXX aan de hand van theorieën?

In dit hoofdstuk zullen eerst de karakteristieken van Lean manufacturing naar voren worden gebracht. Hierbij zal onder andere de Value Stream Map tool worden geïntroduceerd. Vervolgens wordt er een analyse gemaakt van verschillende pull-systemen. Uit deze analyse komt naar voren welk pull-systeem voor XXX de meeste toegevoegde waarde zal hebben. Op het pull-systeem dat de meeste toegevoegde waarde geeft, zal dieper worden ingegaan.

4.1 De karakteristieken van Lean Manufacturing

Lean Manufacturing is het verkorten van de doorlooptijd tussen binnenkomst van de klantorder en het afleveren van het product aan de klant, door het elimineren van verspillingen in de waarde stroom (Rother and Shook 2003). Verspillingen zijn dan de handelingen en stappen in de stroom die geen toegevoegde waarde voor het product hebben. Om de doorlooptijd te verkorten moet eerst de huidige doorlooptijd berekend worden. Het berekenen van de doorlooptijd kan gedaan worden door een *Value Stream Map (VSM)* te maken. De Lean Strategie wordt getypeerd door het creëren van een vloeiende stroom waarbij de producten worden getrokken door het productieproces, ook wel pull productie genoemd.

De zeven vormen van verspilling

Er zijn zeven vormen van verspillingen die op kunnen treden in de waarde stroom. Als eerste kan er sprake zijn van *overproductie*, waarbij je meer produceert dan de klantvraag daadwerkelijk is. Dan kunnen er ook nog heel veel *fouten* in de productie zitten. De fouten kunnen afgekeurde producten of producten van onvoldoende kwaliteit zijn. Als er sprake is van overproductie dan heb je te maken met *onnodige voorraden*, waarbij te denken aan het onnodig aanhouden van grote voorraden grondstoffen of halffabricaten. Bepaalde processen kunnen sneller, beter of makkelijker waarbij er minder *onnodige processen* plaatsvinden. Hierbij te denken aan een machine die twee processtappen tegelijk doet in plaats van twee aparte machines “waarbij er tussendoor ook nog een controle plaatsvindt terwijl deze controle ook aan het eind van de twee stappen gedaan kan worden”. Dan komen we ook op het *onnodig transporteren* van materialen en/of producten in de waarde stroom. Hierbij de werkvloer zodanig in te richten dat de volgende waarde stroom naast de opvolgende staat. Als er bijvoorbeeld een traag proces zich in de waarde stroom bevindt, dan kan er onnodig gewacht worden. Het onnodig *wachten* bij een machine, omdat deze bezet is, wordt hierbij ook als een verspilling gezien. Vaak komt het voor dat men gereedschappen niet kan vinden, of de hele tijd heen en weer moet lopen omdat iets niet duidelijk is. Dit wordt gezien als onnodige *bewegingen* en is de zevende vorm van verspilling (Jones and Womack 2003).

Wat is Value Stream Mapping?

Value Stream zijn alle handelingen, zowel waardetoevoegende als niet-waardetoevoegende, die nodig zijn om een product door het productieproces te voeren (Rother and Shook 2003). Een Value Stream Map is het volgen van een product zijn productieproces, van klant tot aan leverancier, en het maken van een visuele representatie van elk proces in de materialen- en informatiestroom (Rother and Shook 2003). Dit is de beste manier om een goedinzicht te krijgen in de niet-waardetoevoegende processen en het zien van het geheel. Ook krijgt men een heel duidelijk beeld van hoe lang bepaalde activiteiten duren en waar bottlenecks zitten. Er kan ook makkelijk worden berekend wat de doorlooptijd van het product is.

Als men een Value Stream Map maakt, dan wordt er ook duidelijk of men een push- of een pullsysteem gebruikt. En waar precies in dit proces dit gebruikt wordt. Eventuele verbeteringen in dit systeem worden dan snel zichtbaar.

Value Stream Mapping is een belangrijke tool in Lean Manufacturing. Deze tool is voornamelijk gericht op het identificeren, aantonen en verminderen van verspillingen, maar ook om flow in het productieproces te creëren. Bij het gebruik van de Value Stream Mapping wordt er eerst een product of een productfamilie gekozen. Vervolgens wordt van dit product of deze productgroep een VSM gemaakt van de huidige situatie. Als deze situatie duidelijk in kaart is gebracht, dan wordt er gekeken naar de mogelijkheden tot verbetering en zal er een VSM van de gewenste situatie worden gemaakt. Hierbij wordt er normaliter gekeken naar de grootste bottleneck die aangepakt kan worden. Nadat deze bepaald is, zal er gekeken worden naar de mogelijkheden om deze te verbeteren. Vaak kan het zijn dat deze bottleneck echter niet meer te verbeteren valt, of buiten het terrein van de opdrachtgever ligt.

De stappen die doorlopen worden bij het gebruik van Value Stream Mapping (Rother en Shook, 2003):

- 1) Selecteer een product of een productfamilie.
- 2) Maak een VSM van de huidige situatie.
- 3) Evalueer de huidige situatie, identificeer bottlenecks.
- 4) Maak een VSM van de gewenste situatie.
- 5) Implementeer de gewenste situatie.

4.2 Analyse van pull-systemen voor XXX

Een aantal pull-systemen zal in deze paragraaf worden besproken naar aanleiding van hun voor- en nadelen. Eerst volgt er een algemeen overzicht van voor- en nadelen van pull-systemen. Vervolgens zal er meer specifiek worden ingegaan op vier verschillende pull-systemen. Uit deze paragraaf zal naar voren komen waarom er gekozen wordt voor een Kanban pull-systeem.

Voor- en nadelen van Pull-systemen

Pull-systemen houden geen overbodige voorraden aan, alleen datgene wat nodig is zal er op voorraad liggen. Echter heeft dit als nadeel dat er vaker materialen moeten worden aangeleverd, wat hogere transport- vervoerskosten met zich meebrengt. Er zal door het gebruik sneller geleverd kunnen worden als de klant ergens naar vraagt. Dit komt doordat het productieproces niet hoeft te wachten tot volledige batches zoals bij pull-systemen het geval is klaar zijn voor men tot de productie van een gevraagd product over kan gaan. Echter is het moeilijker om dit in controle te houden, er moet nu een goede planning en aansturing zijn. Het gebruik van pull leidt in meeste gevallen tot een kortere doorlooptijd dan push. Dit komt door de kleinere batches en wachttijden op de tussenstations, die zullen hierdoor veel kleiner zijn. Er zal hierdoor een betere continue stroom komen. Als nadeel kan het zijn dat het gehele productieproces moet worden gereorganiseerd om een kortere doorlooptijd te creëren. Er zal een betere timing van werk zijn, omdat dit niet gebeurt op cijfers uit het verleden maar aan de hand van wat daadwerkelijk de vraag is. Het gebruik van een pull-systeem zal leiden tot het beter klantspecifiek kunnen leveren. Een push-systeem zal echter beter in staat zijn om schaalvoordelen te kunnen creëren door meerdere van dezelfde items achtereenvolgens te produceren.

In tabel 1 is een samenvatting van de voor- en nadelen van pull-systemen weergegeven. Er is gevraagd door XXX om de doorlooptijd te verkorten om hierdoor sneller en op tijd te kunnen leveren. Het gebruik van een pullsysteem zou hiervoor kunnen zorgen. Daarnaast zal een pullsysteem ook moeten leiden tot een continue stroom van de productie. Dat is iets dat XXX ook graag terug zou willen zien op de *afdelingafdeling*.

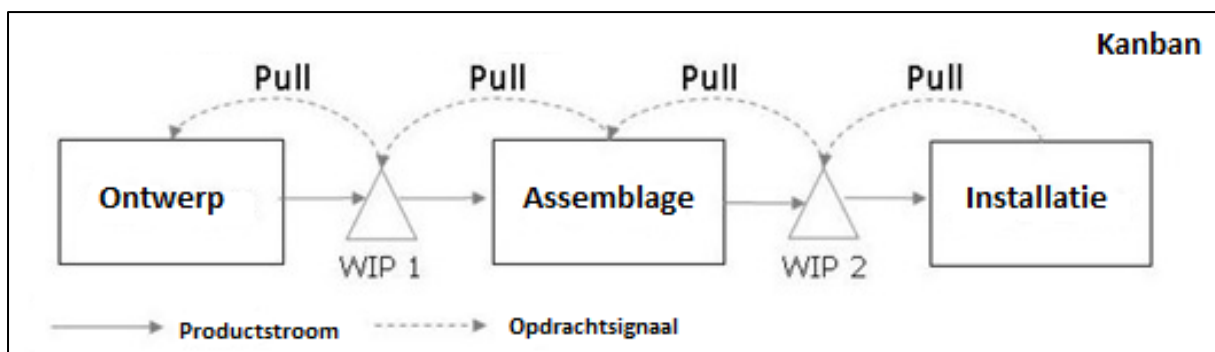
Voordelen	Nadelen
Geen overbodige voorraden	Hogere transport- en vervoerskosten
Snelle levering	Angst om controle over de productie kwijt te raken
Korte doorlooptijd	Angst om het gehele productieproces volledig te moeten reorganiseren
Betere timing van werk	Vaker omstellen
Klantspecifiek leveren	Wachten op product
Continue stroom	Geen schaalvoordelen

Tabel 1 : Voor- en nadelen van een Pull-systeem (Het Pull Principe, 2007) (Push Productie, 1999)

Hieronder zal er dieper worden ingegaan op de volgende vier pull-systemen: Kanban, CONWIP, Two-Bin en Polca.

Kanban

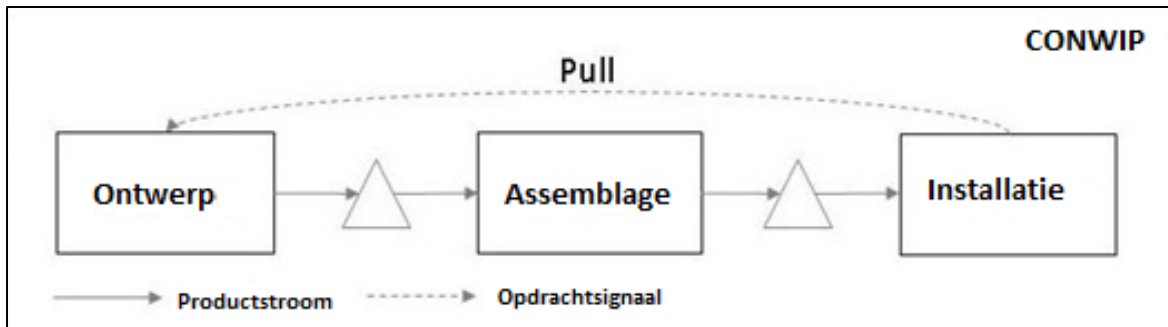
Een goed werkend pull-systeem heeft een goed werkend communicatie kanaal nodig tussen de werkstations. Deze communicatie kan mogelijk gemaakt worden door de zogenaamde Kanban kaart, Kanban betekend 'signaal' of 'kaart' in het Japans. Deze Kanban kaart bevat informatie zoals de productnaam, stuknummer en de hoeveelheid die geproduceerd moet worden. De Kanban kaart wordt gehecht aan een container. Als een werkstation de producten nodig heeft van een voorgaande werkstation, dan geven ze de lege container met een Kanban kaart aan het voorgaande werkstation. Nu moet het voorgaande station ervoor zorgen dat deze container met de producten naar het opvolgende station waar deze leeg vandaan kwam wordt gestuurd (Reid & Sanders, 2005, p. 228). Dit alles wordt grafisch weergegeven in figuur 6.



Figuur 1: Kanban productiesysteem basis opdrachtsignalen en productstroom (Arbulu, 2006)

CONWIP (Constant Work in Process)

CONWIP, is een gegeneraliseerde versie van het Kanban productiesysteem. De onderdelen worden in standaard containers vervoerd en elke container bevat ongeveer dezelfde hoeveelheid werk. De totale doorlooptijd voor een container op de bottleneck is voor elke container ongeveer hetzelfde.

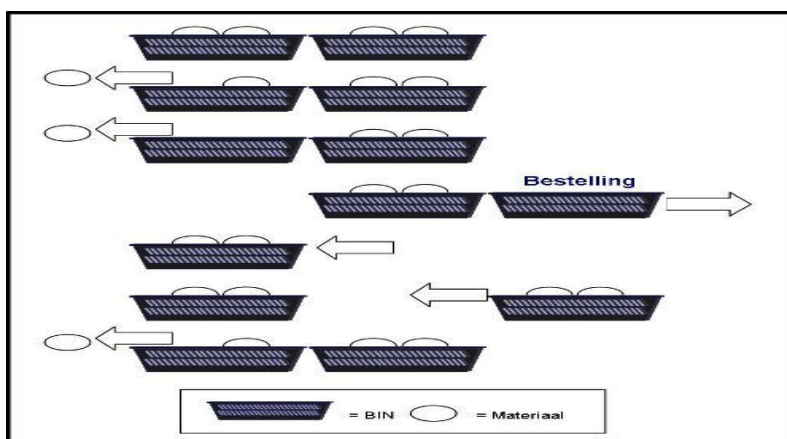


Figuur 2: CONWIP productiesysteem basis opdrachtsignalen en productstroom (Arbulu, 2006)

Net als bij Kanban maakt CONWIP gebruik van signalen om de productie aan te sturen. De gestippelde lijn van werkstation installatie naar werkstation ontwerp waar Pull bij staat geeft het opdrachtsignaal weer (zie figuur 4). Dit signaal kan digitaal of via een kaart zoals bij Kanban gebruikelijk is worden gegeven. Als eenmaal een signaal vanuit achter is afgegeven dan gaat dit signaal door naar het begin van het productie proces in dit geval dus het ontwerp. Vervolgens wordt de productiestroom in gang gezet, dit zijn de onafgebroken pijlen tussen de werkstations en de opslagplaatsen tussen de stations. Doordat er geen duidelijke afspraken zijn tussen de processtappen kunnen wachrijen ontstaan, hierdoor ontstaat er deels ook een pushstelsel. Bij de Kanban is het gebruikelijk dat er per productieonderdeel een signaal wordt afgegeven en bij CONWIP over het hele productieproces. (Spearman, Woodruff, & HOPP, 1990).

Two Bin

Two Bin productiesystemen zijn een vorm van pull productie, die eigenlijk een voorganger is van de Kanban pullstelsel. Er wordt in dit systeem gebruik gemaakt van 'two bins' dat niks anders is dan twee bakken die als voorraad dienen. Als de eerste bak op is, dan wordt deze verstuurd naar een werkstation ervoor om gevuld te worden. De tweede bak wordt dan op de plaats van de lege bak geplaatst en gebruikt. Voordat deze bak leeg is, zal de lege bak al gevuld moeten terugkomen (LeanEnt, 2012). Het Two bin principe wordt in figuur 5 weergegeven.

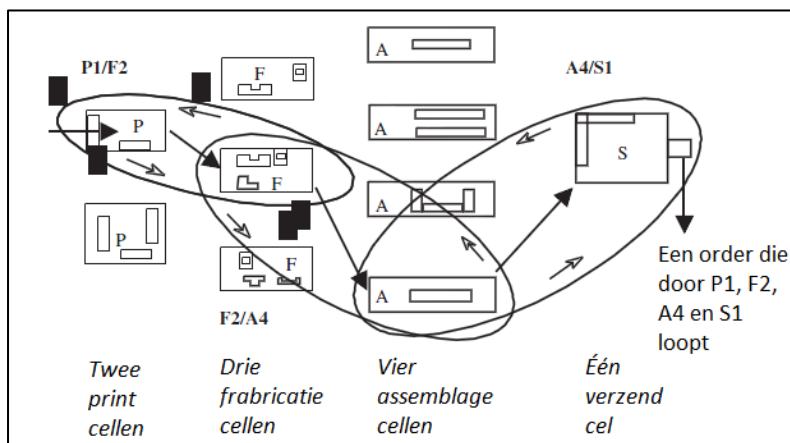


Figuur 3: Two bin principe (LeanEnt, 2012)

Het Two Bin principe is goed te implementeren in een omgeving waarbij het verschil in de producten minimaal is. Echter zijn er in XXX veel verschillende types van sloten, waardoor je heel veel bakjes als voorraad zou moeten aanhouden. Hierbij zullen bepaalde bakjes niet eens dagelijks worden gebruikt, waardoor je onnodig veel voorraad zal aanhouden.

Polca

Polca is een productiesysteem die het beste van push- en pull systemen combineert. De productievloer wordt opgedeeld in cellen en elke cel bestaat weer uit meerdere werkstations. Deze cellen worden gemaakt aan de hand van een subset van de productie van gelijke onderdelen. Het Polca systeem communiceert met Polca kaarten net als de Kanban systeem met hun Kanban kaarten communiceert. Echter vindt de communicatie alleen plaats tussen de cellen en moet de productie binnen een cel op een andere manier worden gereguleerd.



Figuur 4: Polca productiesysteem (Krishnamurthy & Suri, 2009).

In figuur 6 wordt een voorbeeld gegeven van een Polca productiesysteem. De zwart gevulde pijlen geven aan dat het gaat om push, maar de pijlen die niet gevuld zijn geven aan dat het ook gaat om pull. De zwarte pijlen geven de productstromen weer deze worden volgens een MRP systeem aangestuurd in de vorm van push. Echter voor de communicatie tussen de cellen wordt er gebruik gemaakt van Polca kaarten, deze dienen voor de sturing en beheersing van de materiaalstromen tussen de cellen. De Polca kaart geeft aan dat er in bijvoorbeeld F2 van figuur 6 weer capaciteit beschikbaar is en het een productstroom van de cel ervoor P1 kan ontvangen, zolang deze kaart niet is aangemaakt moet de vorige cel wachten met het doorsturen van de orders. Hierdoor wordt het systeem ook wel een pull systeem genoemd omdat de productie wordt getrokken door het opvolgende station zodra er capaciteit beschikbaar is. Er zijn op de productielijn meerdere cellen parallel waar te nemen. Er zijn meerdere cellen die het zelfde werk kunnen verrichten, bijvoorbeeld twee print cellen of drie fabricatie cellen. De cellen in een Polca systeem produceren en versturen

alleen naar opvolgende cellen. De doorlooptijd in een cel kan verschillen per order, waardoor volgens het Lean principe geen flow kan optreden (Krishnamurthy & Suri, 2009).

Kenmerken pull-systemen

Uit de vier pull-systemen zijn de volgende kenmerken naar voren gekomen: Push en Pull, geen of lage voorraden, batchgrootte, continue workflow, korte omsteltijden en mogelijkheid tot variatie. Hieruit verschillen de vier pull-systemen op de volgende kenmerken: Mogelijkheid tot variatie, geen of lage voorraden, volledig pull, continue workflow en kleine batchgrootte. Mogelijkheid tot variatie, houdt in dat deze in staat is op het pull-systeem verschillende typen/soorten producten te produceren. Er wordt ook gekeken naar de mate, waarbij er geen of een lage voorraad kan worden aangehouden. Is er sprake van een volledig pull-systeem of is dit een combinatie van push en pull? Kan er een continue workflow worden gecreeërd? En is het mogelijk om in kleine batchgroottes te produceren?

Keuze van Kanban pull-systeem voor XXX

Volgens de scores op kenmerken van een pull-systemen wordt door tabel 3 duidelijk dat Kanban als pull-systeem op alle kenmerken positief scoort. Kanban wordt gevolgd door CONWIP. Dit systeem zou een mogelijk pull-systeem kunnen zijn dat zou kunnen werken het heeft vrijwel alle kenmerken van een Kanban systeem. Er is geen sprake is van volledig pull en de batchgrootte zou groter kunnen uitvallen dan bij het gebruik van Kanban. Het Polca systeem maakt gebruik van push- en pull; de manier waarop de *afdeling* in XXX is georganiseerd zal het beste moeten werken volgens de Lean Principes met een zuiver pull-systeem. XXX heeft een grote variatie van verschillende producten, waardoor de implementatie van een Two Bin systeem niet zal kunnen functioneren. Two Bin is vooral gunstig bij productielijnen waarbij er sprake is van klein aantal verschillende producten. De voorkeur valt op het ontwerpen van een Kanban productiesysteem omdat deze de meest positieve kenmerken met zich meebrengt voor een succesvol pull-systeem. Tevens is een Kanban productie systeem al succesvol geïmplementeerd in een andere fabriek waar sloten worden geproduceerd (Jansen, 2006).

Tabel 2: Pull-systemen en hun scores op de kenmerken van pull-systemen

	Polca	Two-Bin	CONWIP	Kanban
Mogelijkheid tot variaties	+	-	+	+
Geen of lage Voorraad	+	-	+	+
Volledig pull	-	+	-	+
Continue workflow	-	+	+	+
Kleine batchgrootte	+/-	+	+/-	+

4.3 Wat is Kanban?

Just-In-Time (JIT) productie management was het wereldwijde grote succes van vele bedrijven in het bijzonder van Japanse bedrijven in de zeventigen jaren en vroege tachtigen jaren. Een belangrijk element van JIT, het Kanban systeem werd populair in westerse research en de industrie. Vele productie bedrijven buiten Japan begonnen gebruik te maken van de Kanban productie systemen (Krieg, 2005, pp. 1-2). Kanban wordt ook wel als synoniem gezien voor pull-systemen (Reid & Sanders, 2005, p. 229).

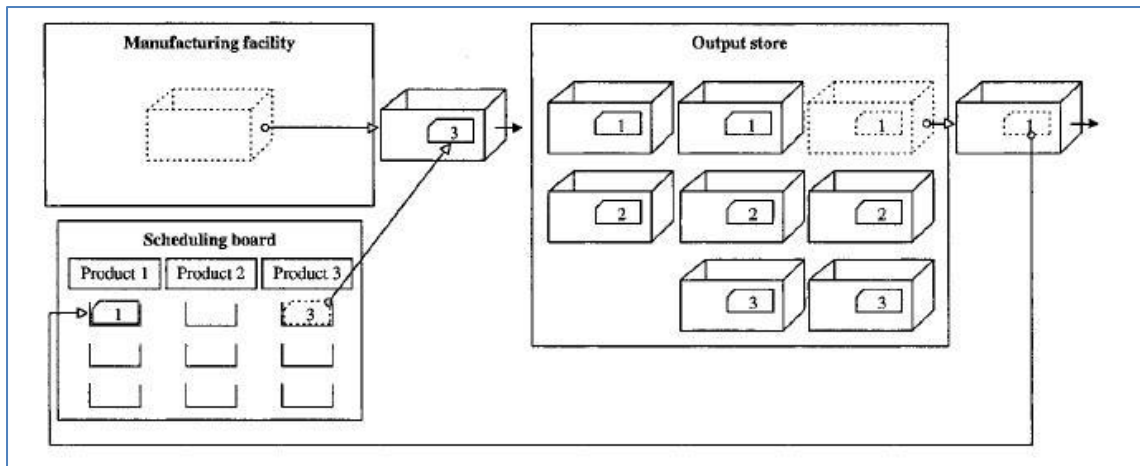
Kanban wordt vaak geassocieerd met de Kanbankaart. Dit is een manier om signalen te geven door het productieproces. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van productie en terugtrek (withdrawal) kaarten. De productie kaarten geven aan wat er moet geproduceerd worden, en de terugtrek-kaarten halen halffabricaten uit de voorraad van het werkstation voor hun. Dit is een manier om Kanban signalen af te geven waardoor er een pull-systeem ontstaat. Er zijn meerdere variaties van Kanban signalen zoals de Kanban *square*, deze geeft een lege plek aan op de vloer waar materialen of producten zouden moeten staan. Als deze leeg is, geeft dit als signaal dat er weer materialen of producten moeten worden geproduceerd. Zo is er ook een zogenaamde *signal* Kanban, hierbij wordt er gebruikt gemaakt van een type vlag wanneer er een nieuwe container moet worden bij geproduceerd. Zo zijn er nog meerdere variaties van signalen mogelijk (Reid & Sanders, 2005, p. 231). In de rest van deze paragraaf zullen enkele basissystemen, variaties van basissystemen en materiaaloverdracht schema's worden behandeld.

Kanban productiesystemen: Basissystemen en variaties

Er zijn verschillende Kanban systemen, hierbij te denken aan basis Kanban systeem, backorder systeem, multi stages systeem en materiaal overdracht schema's systemen (Krieg, 2005). In de subparagrafen hieronder zullen deze nader worden toegelicht. Eerst zal het basis Kanban Systeem worden uitgelegd en daarna enkele variaties hierop.

Basis Kanban Systemen

De basis van een Kanban productiesysteem is een systeem met multiple producten in een systeem met een enkele multi-product productie faciliteit. Dit is een faciliteit waarbij er meerdere verschillende producten worden geproduceerd op één werkstation. De productielijn van deze werkstation bestaat dan ook slechts uit de aanvoer van grondstoffen, het werkstation zelf en een output store waar alle geproduceerde producten worden opgeslagen. Er is dus sprake van slechts één enkel productie werkstation, één planningsschema, één magazijn voor finished goods, containers om de productie die klaar zijn te vervoeren en één set van Kanbans voor elk product in het productiesysteem. Een visuele weergave is in figuur 7 te zien.



Figuur 5: Basis Kanban Systeem met drie verschillende producten (Krieg, 2005).

Vanuit het planningschema gaan de Kanbans met hun containers de productie in. Nadat deze klaar zijn worden ze vervoerd naar magazijn voor eindproducten. Als de producten vanuit hier verder worden vervoerd, dan gaan ze uit de container en komen de Kanbans weer op het planningschema te staan. En vanuit daar begint het productieproces voor deze Kanban opnieuw (Krieg, 2005, p. 4).

Echter als men andere producten gaat produceren dan moet de productie worden omgesteld en dit kan veel tijd kosten. Hierbij kan men ervoor kiezen om alle Kanbans behorende tot een product te produceren en vervolgens over te gaan op een ander product (*exhaustive processing*). Hierbij is er een vaste routine van product 1, product 2 en vervolgens product 3 etc. Echter als er van een product geen container geproduceerd hoeft te worden dan kan deze worden overgeslagen. En als er helemaal geen actieve Kanbans nodig zijn, dan staat de productie gewoon stil tot op het moment dat er weer een Kanban actief wordt (*cyclic-exhaustive processing*) wordt (Krieg, 2005, p. 5).

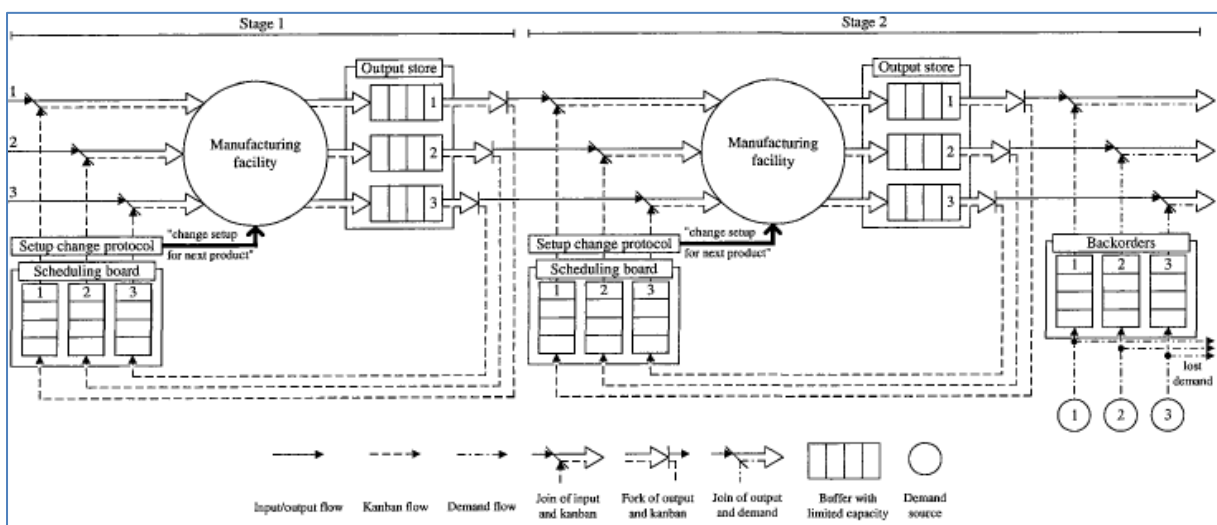
Echter zijn enkel productproductiesystemen nog het meest eenvoudige van de Kanban systemen. Er hoeft hierbij geen rekening te worden gehouden met omsteltijden omdat er slechts één productsoort wordt geproduceerd. Er hoeft nu alleen nog maar op de vraag van dit ene product te worden ingespeeld.

Backorders Systemen

Backorder systemen zijn systemen waarbij niet uit de voorraad geleverd kan worden, maar waarbij nog moet worden nageleverd. Dit kan door het niet beschikbaar zijn van onderdelen komen of door een tekort aan productiecapaciteit. Hierdoor zal de klant moeten wachten of naar een andere leverancier overstappen. Dit is ook visueel gemaakt in figuur 8 op het einde van het proces. Daar wordt gekeken hoeveel backorders er nog kunnen worden verwerkt of er ruimte voor is, zo niet dan zal dit niet worden aangenomen en wordt dit als verlies gezien (Krieg, 2005, pp. 6-7).

Multiple stages systemen

De output store van een station is de tijdelijke opslag van een product nadat het bewerkt is op het werkstation. Vanuit hier kan deze tijdelijke opslag worden verplaatst naar een andere opslag of direct als input store worden gezien van het opvolgende werkstation. Hierbij wordt de opslag voor een werkstation gezien als input store. In een Kanban systeem met meerdere stages is de output store van het ene station de input store van het opvolgende station. Als de eerste stage al geen input krijgt, dan zullen de opvolgende stages al helemaal geen input krijgen. In figuur 8 is de output store van stage 1, de input store van stage 2. De output store heeft per verschillend product een eigen lijn waar de producten doorheen gaan. Zie respectievelijk 1, 2 en 3. In het model van figuur 8 is er sprake van een twee stage Multi product model. Elke stage heeft een eigen Kanban cyclus waarbij ze gebruik maken van een eigen planningsschema met een vaste aantal Kanbans. Dit kan ook wel gezien als meerdere losse basis Kanban Systemen achter elkaar. Dus mochten er geen containers meer als input van product 1 bij stage 2 zijn, dan kunnen ze overgaan op de productie van product 2 hiervan kunnen er nog containers in de output store van de stage 1 staan. Voor verduidelijking zie figuur 8.



Figuur 6: Model van een twee-stage multi product Kanban systeem (Krieg, 2005, p. 9)

Er zijn bij deze Multi stages systemen ook omstelprotocollen. Het kan zo voorkomen dat er bij stage 2 een actieve Kanban is, maar er geen container met input voor deze Kanban beschikbaar is. Een mogelijk omstel protocol is dan ook *cyclic-exhaustive processing with limited input material*. Hierbij zijn de voorwaarden dat er op zijn minst één actieve Kanban en een container met input material beschikbaar moet zijn voor men tot omstellen overgaat. De productie van dit specifieke product zal net zo lang doorgaan tot er geen actieve Kanbans meer zijn of tot de containers van input material leeg zijn. Als één van de producten niet aan de omstelvoorwaarden voldoet dan gaat men naar het volgende product kijken of deze wel aan de voorwaarden voldoet. Op deze manier zal men product

1, product 2, product 3 afgaan en weer opnieuw beginnen met product 1 zoals de situatie in figuur 8 hierboven weergegeven is (Krieg, 2005, pp. 8-10).

Materiaal overdracht schema's

De Multi-stage Kanban systemen kunnen geklasseerd worden door regels voor de overdracht van containers van output store van het ene station m , naar de input store van het station $m+1$. Echter komt het ook wel voor dat de output store de input store van een station is, dan is er geen materiaal overdracht schema nodig. Er zijn vier materiaal overdracht systemen zie hiervoor figuur 9.

Output Store Stadium m = Input Store Stadium $m + 1$	Output Store Stadium m ≠ Input Store Stadium $m + 1$		
Type 1 <i>Withdrawal gelijk voor start van productie</i>	Type 2 <i>Withdrawal gelijk na activatie van Kanban</i>	Type 3 <i>Vaste hoeveelheid, variabele withdrawal cyclus</i>	Type 4 <i>Vaste withdrawal cyclus, variabele hoeveelheid</i>
<i>Één-Kaart Systeem</i>		<i>Twee-Kaart Systeem</i>	

Figuur 7: Classificatie van Materiaal Overdracht Schema's (Krieg, 2005, p. 10)

Type 1: materiaaloverdracht vindt rechtstreeks plaats tussen de stations. De output van station 1 is de input van station 2. Het materiaal wordt voor dat de productie start opgenomen van de output van het voorgaande station.

Type 2: materiaaloverdracht vindt plaats met tussen opslag door middel van een output store en een input store. Het materiaal wordt overgedragen van de output store m zodra er een Kanban actief is gemaakt in station $m+1$. De Kanban die op de container zit met de materialen van station m , staat nu in de (wacht)rij van station $m+1$. Echter kan het voorkomen dat materialen op station m , nog niet gereed zijn in de output store. Dan is er sprake van een vertraging, want station m moet dan eerst nog deze containers produceren. Dit wordt ook wel directe materiaaloverdracht genoemd door Gstettner and Kuhn (1996).

Type 3 en type 4: materiaaloverdracht vindt plaats met tussen opslag door middel van een output store en een input store. Echter wordt er gebruik gemaakt van meerdere kaarten zoals de *withdrawal, conveyance, delivery, move of transportation Kanbans* (e.g., Monden, 1998. Chap.2). Deze materiaaloverdracht systemen worden ook wel twee-kaart of dual-kaart systemen genoemd. Een withdrawal kanban wordt gehecht aan elke container in de input store van een station. Als de container in productie wordt genomen, dan wordt deze Kanban eraf gehaald en in een Kanban collectie box gestopt. De Kanban collectie box wordt leeggehaald en de Kanbans worden geplaatst in de output store van het voorgaande station. Op het moment dat de containers klaar zijn, worden de

productie Kanbans eraf gehaald en de withdrawal Kanbans erop geplaatst en de containers vervoerd naar de input store van het opvolgende station. De productie Kanbans worden ook in een box verzameld en door een medewerker op het planningsschema geplaatst van hetzelfde station als de output store.

Het moment waarop men besluit withdrawal Kanbans uit de kanban collectie box naar de voorgaande output store te brengen kan bepaald worden door twee schema's. Als eerste door *vaste hoeveelheden, variabele withdrawal cycle*, ook wel type 3 materiaal overdracht schema genoemd. In het schema van type 3 worden de withdrawal Kanbans vervoerd wanneer een van te voren bepaalde hoeveelheid vaste hoeveelheid Kanban kaarten zijn opgestapeld in de Kanban collectie box. De lengte van de withdrawal cycle is variabel. Deze type 3 kan als type 2 worden gezien als de withdrawal hoeveelheid op één wordt gezet.

Een tweede manier is door een *vaste withdrawal cycle, vaste hoeveelheden*, ook wel periodiek materiaal overdacht genoemd, type 4. In het schema van type 4 worden de withdrawal Kanbans periodiek vervoerd aan de hand van een van te voren vastgestelde rooster. Bij dit schema is er een vaste cyclus tijd met een variabele hoeveelheid van Kanbans (Krieg, 2005, pp. 11-12).

4.4 Ontwerpeisen van een Kanban Pull-systeem

In deze paragraaf zullen de ontwerpeisen voor een Kanban productiesysteem worden beschreven. Deze ontwerpeisen zijn de eisen die nodig zijn om een Kanban productiesysteem goed te laten functioneren. Hierbij zijn de volgende eisen van belang: 'Smooth' produceren met een stabiele product mix, korte omsteltijden, juiste machine lay-out, standaardisatie van taken, activiteiten ter verbetering, aantal Kanbans of containers in het systeem en aansturing van orders.

“Smooth” produceren met een stabiele product mix

De variatie van de producten die geproduceerd wordt op de productielijn moet van een stabiele mix van producten zijn voorzien. In de meest gunstige situatie zou dat inhouden dat je alleen één type product produceert (Spearman & Zazanis, 1992).

Korte omsteltijden

Er zullen kleinere batches worden geproduceerd, dit zal inhouden dat er vaak moet worden omgesteld. Hierbij is het van belang dat er korte omsteltijden zullen worden gehanteerd. Dit is van belang om een flow van de productie te creëren. Hoe korter de omsteltijden zijn, hoe minder variabel de doorlooptijd van een batch zal zijn en dit zal leiden tot een betere continue stroom van goederen (Spearman & Zazanis, 1992).

Juiste machine lay-out

De machine lay-out moet zodanig zijn ingericht dat er een continue stroom van goederen plaatsvindt. Dit zal dus afwijkend zijn van de traditionele productie lay-out waarbij alles functioneel is ingericht. De machines/werkstations moeten elkaar opvolgen in de productie dat te typeren is als lijnproductie (Kupanhy, 1995) en (Spearman & Zazanis, 1992).

Standaardisatie van taken

Er moeten duidelijke standaard komen voor de taken van de werknemers. Als alle werknemers de handelingen om precies dezelfde wijze zullen uitvoeren dan is de kans op fouten minder klein. Ook zal het uitwisselen van werknemers onderling ook makkelijk verlopen bij ziekte en/of verlof (Spearman & Zazanis, 1992).

Activiteiten ter verbetering

Er moeten regelmatig activiteiten plaatsvinden waaruit verbeteringen kunnen worden voortgebracht. Hierbij moet men denken aan bijvoorbeeld panelgesprekken of een informatiebord. Op het informatiebord kan men door middel van een magneet/punaise zijn of haar punten kwijt. Aan

de hand van dit bord kunnen punten ook anoniem worden bevestigd. Deze kunnen dan door het management worden opgepakt. Ook kunnen slechte ervaringen van de werknemers worden aangegeven, een slechte ervaring duidt op mogelijke verbeter punten (Spearman & Zazanis, 1992).

Het aantal Kanbans of containers in een basis systeem

Een belangrijk punt bij het invoeren van Kanban is het bepalen van het aantal Kanbans in het systeem. Het aantal Kanbans moet gelijk zijn aan het aantal containers in het systeem. Er kunnen namelijk niet meer Kanbans actief zijn dan dat er containers zijn. En andersom zou dit leiden tot een te hoge onnodige magazijn voorraad van containers die toch nooit allemaal tegelijk gebruikt worden. Om de ideale aantal Kanbans te bepalen voor een station voor een bepaald product wordt de volgende basisformule gehanteerd (Reid & Sanders, 2005, p. 230):
$$N = \frac{DT+S}{C}$$

Waarbij:

- N = totaal aantal Kanbans of containers (één Kanbankaart per container)
- D = de vraag van het werkstation (aantal producten/per uur)
- T = de tijd die nodig is om een order te ontvangen van het voorgaande werkstation (per uur)
- C = grootte van container (aantal producten per container)
- S = veiligheidsvoorraad tegen onzekerheden en variabiliteit in het systeem (vaak als een percentage van de D en T gegeven, dus $DT \cdot \% = S$)

Aansturing van orders

De aansturing van orders moet gebeuren vanuit de klant. Dit houdt in dat deze door het productieproces worden getrokken. Vanuit het laatste werkstation zullen de signalen beginnen en telkens meer naar het eerste werkstation toe gaan. Achteraan het productieproces zal er duidelijk zijn wanneer een order de deur uit moet, er zal een signaal worden uitgegeven als een order niet op tijd klaar is (Spearman & Zazanis, 1992).

Signalen

Mogelijke manieren om signalen af te geven: door vlaggetjes, Kanbankaarten, lege bakken, vloervakken die leegstaan of een groot bord met mogelijke informatie over de productie. Deze signalen zijn nodig om te laten zien wat en wanneer iets nodig is. Hierdoor is het voor de manager ook duidelijk hoe het met de productie gaat, of alles al geproduceerd is wat er op die dag geproduceerd moest worden (Reid & Sanders, 2005).

5. Op welke wijze is de huidige situatie bij XXX ingericht op de *afdeling*afdeling en hoe wordt deze aangestuurd?

In dit hoofdstuk wordt er een duidelijke schets gemaakt van de huidige situatie van XXX. In deze schets worden de productie- en/of processtappen duidelijk beschreven. Ook zal dit visueel worden gemaakt aan de hand van een VSM.

5.1 Value Stream Map van de huidige situatie van XXX

5.3 Hoe wordt de *afdeling* afdeling aangestuurd en wat is de huidige totale doorlooptijd?

6. Hoe ziet het ontwerp van het pull-systeem die het beste op de afdeling afdeling van XXX past eruit en hoe moet deze worden aangestuurd?

In dit hoofdstuk zal worden beschreven hoe het ontwerp van een Kanban pull-systeem in de gewenste situatie bij XXX eruit ziet. Eerst zal er een model worden geschetst en de basiseigenschappen van het Kanban model worden beschreven. Hierbij zullen de volgende eigenschappen worden besproken: multi-product, multiple werkstations, planningschema en materiaaloverdracht. Er zal aan de hand van de volgende ontwerpeisen dieper worden ingegaan op de aansturing, signalen en aantal Kanbans.

6.1 Hoe zou het model van een Kanban Pull-systeem bij XXX eruit zien?

6.2 Aansturing van orders

6.3 Signalen

6.4 Het aantal Kanbans

7. Hoe zal de implementatie er in de gewenste situatie bij XXX uitzien?

7.1 In hoeverre zijn de ontwerpeisen bij XXX te implementeren?

7.4 Een plan van evaluatie

Er is een manier nodig om de implementatie van de gewenste situatie te evalueren. Dit kan het beste worden gedaan aan de hand van een aantal vragen. Deze vragen bevatten enkele doelstellingen die gesteld werden voor de implementatie. Er moet nu gekeken worden naar de mate van het behalen van deze doelstellingen. Daarvoor zijn de volgende vragen opgesteld:

- Verlaten de orders XXX nu vaker op tijd?
- Wat is de doorlooptijd nu, is deze verbeterd ten opzichte van de oude situatie?
- Wordt er gebruik gemaakt van het pullsysteem of wordt er weer vanuit het XXX geduwd?
- Wat is nu de bottleneck? (Continue procesverbetering)

Na deze evaluatie begint eigenlijk het hele proces van Lean manufacturing opnieuw en wordt er weer gezocht naar verspillingen en/of verbeterpunten, waardoor de doorlooptijd kan worden verkort en het proces verder kan worden geoptimaliseerd. Er komt nooit een eind aan Lean manufacturing, maar we komen wel elke keer een stap dichterbij 'volledig' Lean produceren.

8. Conclusie en Aanbevelingen

8.1 Conclusie

Er moet een pull-productiesysteem worden gehanteerd op de *afdeling* afdeling van XXX. Een mogelijke pull-productiesysteem dat het beste zou passen bij XXX is het Kanban pull-systeem met enkele CONWIP eigenschappen. De orders moeten vanuit het laatste werkstation van het productieproces worden aangestuurd. De orders zullen worden aangestuurd aan de hand van signalen, een mogelijke oplossing om deze signalen te geven is via het signaalbord dat centraal zal staan op de *afdeling*afdeling. Het juist implementeren van dit pull-systeem zal leiden tot een verkorting van de doorlooptijd met 93,3%. Het verkorten van de doorlooptijd zal met zich meebrengen dat de orders op tijd zullen worden verzonden door XXX. Echter zal het gebruik van het beschreven productiesysteem ervoor moeten zorgen dat er niet meer werk wordt gepland dan daadwerkelijk haalbaar is voor de desbetreffende dag. Hierdoor moeten de orders onder normale omstandigheden zonder uitval van medewerkers en/of machines XXX op tijd met XXX verlaten.

De haalbaarheid van het realiseren van dit pull-systeem wordt hoog geacht, kijkend naar de ontwerpeisen waaraan moet worden voldaan. Het systeem brengt geen moeilijkheden met zich mee met betrekking tot de ontwerpeisen. Van de acht ontwerpeisen zijn er al aan 5 voldaan, waarvan slechts twee bijgewerkt hoeven te worden. De drie ontwerpeisen waar niet aan voldaan zijn, zijn realiseerbaar en zullen naar verwachting verwaarloosbare kosten met zich meebrengen. Als advies zal dan ook worden uitgebracht, dat het implementeren van de beschreven Kanban/CONWIP pull-systeem als mogelijke oplossing kan worden gezien voor het probleem dat orders te laat de deur uitgaan ten nadele van de leverbetrouwbaarheid.

8.2 Aanbevelingen

Aan de hand van dit onderzoek zijn er enkele zaken naar voren gekomen die buiten het onderzoeksgebied vallen. Ook heeft dit onderzoek enkele beperkingen die in verdere details zouden kunnen worden uitgevoerd maar vanwege de omvang en het kader als een los onderzoek zouden moeten worden gezien. Om deze zaken niet over het hoofd te zien zijn hieronder enkele aanbevelingen naar mogelijke vervolg onderzoek opgesomd:

Nawoord

Tijdens het schrijven van deze scriptie en mijn stage heb ik veel ervaring opgedaan. Ik ben blij dat ik mijn afstudeerscriptie bij een productiebedrijf als XXX heb kunnen doen. Dit geeft mij een goede indruk van hoe het er in de praktijk aan toe gaat. Ik heb mijn kennis die ik in de jaren heb opgedaan kunnen toetsen op bekwaamheid. Wat ik vooral heb geleerd van deze afstudeeropdracht is dat je niet alles kunt onderzoeken en een goede focus moet kiezen bij je onderzoek. Op deze manier kun je ook beter afbakenen wat je met je opdrachtgever of docent hebt afgesproken.

In het bijzonder wil ik mijn begeleider bij XXX de heer Wiebe Raap bedanken. Meneer Raap heeft mij de mogelijkheid gegeven om dit onderzoek bij XXX te doen. Er was namelijk geen opdracht beschikbaar, maar ik heb via hem gevraagd of ik wellicht iets voor XXX kan betekenen. Hij heeft mij hierbij veel ruimte en flexibiliteit gegeven bij het afronden van deze opdracht. Tijdens mijn stageperiode heb ik binnen XXX ook een mooie tijd gekend, hierbij heb ik vrijwel elke medewerker leren kennen. Deze medewerkers wil ik ook bedanken voor de behulpzaamheid en informatie die ze me hebben gegeven.

Deze opdracht zou niet tot een mooi eindresultaat van kwaliteit gekomen zijn als ik geen docent begeleider zou hebben gehad en een meelezer. Als eerst wil ik hierbij dr. Jasper Veldman bedanken voor zijn bijdrage als meelezer van het verslag. Daarnaast bedank ik Ir. Sandor Löwik voor zijn bijdrage bij het begeleiden van mij in mijn onderzoek. Tevens is hij mijn inspiratiebron geweest doordat we een project met betrekking tot Lean Manufacturing hebben gedaan in het tweede collegejaar van mijn studie, waarbij hij de docent van was.

Appendix A:

Appendix B:

Appendix C:

Appendix D:

Bibliografie

- Arbulu, R. J. (2006). *Application of Lean in Contruction: Pull and CONWIP*. Norcross: Institute of Industrial Engineers.
- Het Pull Principe. (2007, 6 28). *Presentatie Lean* . Vereniging Logistiek Management.
- Hoekstra, S., en Romme, J. (1985). *Op weg naar integrale logistieke structuren*. Deventer: Kluwer.
- Jones, D., en Womack, J. (2003). *Seeing the Whole*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.
- Krieg, G. N. (2005). *Kanban-Controlled Manufacturing Systems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Krishnamurthy, A., en Suri, R. (2009). Planning and implementing POLCA: a card-based control system for high variety or custom engineered products. *Production Planning en Control* , 596-610.
- Kupanhy, L. (1995, februari). Classification of JIT techniques and their implications. *Industrial Engineering* , 62.
- LeanEnt. (2012, 5 19). *Two-bin*. Opgeroepen op 5 2012, 2012, van Leanwoordenboek.nl: <http://www.leanwoordenboek.nl/woord/Two-bin>
- Leanwoordenboek*. (1999, 1 1). Opgeroepen op 12 20, 2011, van Doorlooptijd: <http://www.leanwoordenboek.nl/woord/Doorlooptijd>
- Push Productie*. (1999). Opgeroepen op 2 29, 2012, van Lean Ent: <http://www.leanwoordenboek.nl/woord/Push+Productie>
- Reid, D. R., en Sanders, N. R. (2005). *Operations Management An Integrated Approach*. Hoboken: John Wiley en Sons.
- Rother, M., en Shook, J. (2003). *Learning to See*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.
- Rother, M., en Shook, J. (2003). *Learning to See value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., en HOPP, W. J. (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research* , 879-894.
- Spearman, M., en Zazanis, M. A. (1992). Push en Pull Production Systems: Issues and Comparisons. *Journal of the Operation Research Society of America* , 521-532.
- Steehouder, M., Jansen, C., Maat, K., van der Staak, J., de Vet, D., Witteveen, M., et al. (2005). *Leren communiceren*. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff bv.