



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Overall equipment effectiveness: link met lean management en toepasbaarheid in de praktijk

Loryn Vaes

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

Prof. dr. Inneke VAN NIEUWENHUYSE



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be
Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2018
2019



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Overall equipment effectiveness: link met lean management en toepasbaarheid in de praktijk

Loryn Vaes

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

Prof. dr. Inneke VAN NIEUWENHUYSE

Overall Equipment Effectiveness: link met Lean Management en toepasbaarheid in de praktijk

Loryn Vaes

Handelwetenschappen, afstudeerrichting Supply Chain Management

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen, UHasselt

Abstract

Deze thesis heeft tot doel een link te vinden tussen Overall Equipment Effectiveness en Lean Management aan de hand van een literatuurstudie. OEE is een metriek waarvan gebleken is dat het op één aspect binnen Lean Management behulpzaam kan zijn. De efficiëntie van de machines kan namelijk gemeten worden door OEE aan de hand van drie parameters: beschikbaarheid, kwaliteit en prestatie. Uit de studie is gebleken dat beide concepten over een aantal nadelen beschikken. Het toepassen van OEE kan namelijk leiden tot overproductie aangezien het geen rekening houdt met de vraag van de klant. Deze tool mag dus niet alleen gebruikt worden als maatstaf omdat het anders niet-Lean activiteiten zoals overproductie zal opwekken. Uit de case wordt ook duidelijk dat het gebruik van OTE ter aanvulling van OEE nuttig kan zijn om bottlenecks te vinden.

Kernwoorden: Overall Equipment Effectiveness, Lean Management, Muda, Kanban, Kaizen, Jidoka, Just-In-Time (JIT), Heijunka, Poka Yoke, 5S, CONWIP, POLCA, two-shifting, OTE, ORE, takt time

1 Inleiding

OEE of Overall Equipment Effectiveness werd geïntroduceerd in het boek Total Productive Maintenance uitgebracht door Nakajima (1988). Aangezien bedrijven tegenwoordig zeer kapitaalkrachtig zijn en hierdoor beschikken over een uitgebreide uitrusting, is het belangrijk om na te gaan hoe deze presteren en waar verbetering aangebracht kan worden. OEE is een parameter die gebruikt kan worden binnen Lean Management, aangezien het kan meten welke machines voor veel verspilling zorgen en het ontworpen is om voor een continue verbetering te zorgen. Lean Management heeft echter een breder perspectief op gebied van verspilling. OEE kan beschouwd worden als een belangrijke maatstaf binnen Lean, indien het juist wordt toegepast. Lean produceren heeft volgens Dirk Van Goubergen (2010) een nieuwe interesse in OEE losgemaakt. Het op de foute manier gebruiken kan echter nefast zijn en zelfs anti-Lean gedrag veroorzaken binnen het bedrijf. (Van Goubergen, D. 2010).

Deze thesis stelt een kwalitatieve analyse voor met twee doelen: 1) De OEE-maatstaf te onderzoeken en de link te leggen met Lean Management. 2) De toepasbaarheid van punt 1) in de praktijk nagaan. Om dit te onderzoeken worden in deel 1 beide begrippen eerst apart besproken zodat een duidelijk beeld gevormd kan worden. Daarna worden de twee concepten met elkaar vergeleken aan de hand van de basisprincipes van Lean Management. Deze principes zijn: verspilling tegengaan, voor stijgende flexibiliteit zorgen, de flow versoepelen en voor continue verbetering oftewel Kaizen zorgen.

Het tweede deel van de thesis bestaat uit een case waarbij He et al (2018) Overall Equipment Effectiveness toepassen op een biervullijn. Eerst wordt het bedrijf omschreven om een duidelijk beeld te kunnen schetsen van de omgevingsfactoren en de problemen die zich bevinden in de onderneming. Daarna wordt een overzicht gegeven van de verschillende processen en data om hier later in de thesis Value Stream Mapping en OEE op toe te passen. Om deze thesis bij te staan is een educatieve tool ontworpen in Excel waarbij studenten of mensen uit de bedrijfswereld gegevens moeten invullen van een bepaalde machine uit een bepaald proces. Uit deze gegevens worden de parameters van OEE automatisch berekend. Op deze manier kan een analyse gemaakt worden van de efficiëntie van de machines zonder dat het te technisch wordt. Deze tool kan nuttig zijn in de meeste logistieke opleidingen om studenten een meer hands-on ervaring te bieden met OEE. Daarbij is het zeer makkelijk toepasbaar in een bedrijf aangezien enkel de basisgegevens van een machine moeten ingevuld worden om op die manier meteen de prestaties hiervan te weten te komen. Deze informatie kan van groot belang zijn voor het bedrijf omdat het aantoont of de machine goed presteert of niet. Wanneer deze niet goed presteert, kan het bedrijf overgaan tot het toepassen van Lean Management. Tenslotte wordt een conclusie gevormd over de case en worden enkele inzichten aangetoond.

2 Methodologie

Bij het opzoeken van de literatuur werd in het begin vooral gefocust op de zoekwoorden: OEE, Lean, TPS, OEE & Lean, TPM. Hiervoor werd hoofdzakelijk gebruik gemaakt van de databank van Universiteit Hasselt. Dit leverde 25 journal articles en drie boeken op, waar uiteindelijk alle boeken van gebruikt werden en slechts 15 papers die relevant bleken te zijn.

Daarnaast waren tijdens het lezen een aantal relevante bronnen terug te vinden die na een interessante alinea vermeld werden (ancestry research). Hier zaten ook enkele boeken tussen die in de universitaire bibliotheek van UHasselt te vinden waren. Aangezien het moeilijk is om in de boeken aan te duiden, zijn belangrijkste zaken eruit gehaald en in een Excel-bestand gecodeerd.

Daarbuiten is ook gebruik gemaakt van een cursus uit de opleiding handelswetenschappen. Het boek is een compositie van verschillende relevante cursussen dat samengesteld is door professor Kris Braekers, namelijk "inleiding tot de logistiek".

Bij het zoeken naar boeken, is er weinig tot geen rekening gehouden met de jaartallen van de bronnen aangezien de grondbeginselen achterhalen van beide concepten belangrijk is voor het onderzoek. Voor de papers is hier wel naar gekeken zodat voor elk topic het relevantste werd uitgehaald. Dankzij de website van de universitaire bibliotheek, kon er gefilterd worden op ouderdom van de paper. De meeste papers die gebruikt zijn, zijn niet ouder dan 10 jaar.

Na al een heel stuk tekst geschreven te hebben, werd nogmaals de universitaire bibliotheek geraadpleegd. Deze keer kwamen opnieuw 6 bijkomende boeken uit de bus, wat een totaal van 9 gebruikte boeken maakt. Hier werd de meeste informatie uitgehaald omdat ze allemaal zeer toepasbaar waren. Na de tekst nog eens na te lezen, waren er een paar delen waar wat extra informatie bij opgenomen moest worden. Hiervoor werd het onderwerp dat

extra onderzoek vereiste, opnieuw ingegeven in de databank van de universiteit van Hasselt. Uit deze zoekactie werden opnieuw een tiental papers uitgehaald.

In het tweede deel wordt de toepasbaarheid van OEE in de praktijk nagegaan. Hiervoor is beroep gedaan op een case van He et al. Dit is een tekst uit 2018 waarbij de schrijvers de efficiëntie van een biervullijn van een brouwerij in China zijn nagegaan. Bij het zoeken van een case was het belangrijk recente artikels te vinden waarin OEE uitgebreid wordt toegepast. Na een tiental cases te hebben doorzocht, bleek deze het relevantst.

3 Concepten en terminologie

Zowel voor Lean Management als voor Overall Equipment Effectiveness wordt eerst een uitgebreide definitie gegeven. Op deze manier worden beide begrippen duidelijk en kunnen in een volgende sectie de verbanden aangehaald worden. In sectie 3.1 wordt Lean Management uitgebreid toegelicht en in sectie 3.2 wordt OEE besproken.

3.1 Lean Management

Aan de hand van vijf subsecties wordt het concept Lean Management uitgebreid toegelicht. In sectie 3.1.1 wordt de algemene definitie kort aangehaald. Een belangrijk begrip binnen Lean is *Muda*, dat in 3.1.2 wordt besproken. Daarnaast volgen de principes in sectie 3.1.3. De concepten die binnen Lean Management van toepassing zijn, worden in sectie 3.1.4 uitgebreid toegelicht. Tenslotte zijn er nog een aantal valkuilen die in subsectie 3.1.5 worden aangehaald.

3.1.1 Definitie

Lean management is een filosofie waarbij de menselijke capaciteiten binnen een organisatie op een slimme manier worden ingezet om zoveel mogelijk waarde te creëren voor de klant. De succesvolle inzet van Lean management leidt tot een efficiëntere organisatie met een constante kwaliteit en een hogere winstgevendheid. (Hines et al 2004). Uit het boek "Lean thinking" van Womack en Jones (1996) kan afgeleid worden dat deze efficiëntere organisatie op een betere manier klantenrelaties, de supply chain, productontwikkelingen en productieactiviteiten beheert. Deze aanpak werd gepioneerd door het Toyota Production System (TPS) in Japan na de Tweede Wereldoorlog en werd later als "lean" productie gelabeld omdat men telkens meer en meer doet met steeds minder en minder middelen, verspilling, arbeidskracht, etc. De voordelen hiervan zijn dat er minder verspilling van goederen en middelen is, een aanzienlijke kostenvermindering door productie-efficiënter te werken. Bovendien is er hierdoor minder uitstoot en het promoot het gebruik van milieuvriendelijke middelen. (Carvalho et al 2013).

3.1.2 Soorten verspillingen

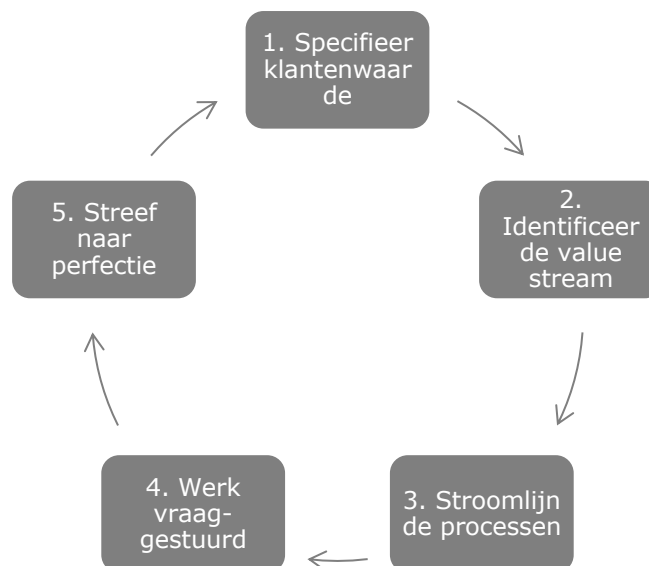
Met verspilling (of *Muda*) wordt alle activiteiten die geen waarde toevoegen voor het eindproduct -of dienst bedoeld. Enkel de machines, materialen, onderdelen, plaats en tijd die essentieel nodig zijn mogen gebruikt worden, de rest wordt gezien als verspilling. (Womack en Jones 1996).

Zoals eerder vermeld is Lean Management een filosofie die gebruikt wordt om alle verspillingen in de supply chain te identificeren en te elimineren door continue verbetering toe te passen. Met deze gedachtegang wordt een poging ondernomen om tot perfectie te streven, waardoor alles dat geen waarde toevoegt moet verdwijnen uit het proces. (Carvalho et al 2013). Om deze verspillingen tegen te gaan, zijn er binnen Lean Thinking vijf algemene principes waar een organisatie zich aan moet houden. (Womack en Jones 1996).

3.1.3 Principes

Een overzicht van de vijf algemene principes van Lean Management is te zien op figuur 1. Ten eerste moeten de klantenwaarden gespecificeerd worden in de vorm van een specifiek product of dienst. Daarnaast moet de value stream geïdentificeerd worden. Dit kan aan de hand van Value Stream Mapping (VSM), wat hierna nog uitgebreid toegelicht wordt. Het stroomlijnen van de processen is een derde stap. Hiervoor kan het bedrijf best Cellular Manufacturing (CM) en Single Minute Exchange of Dies (SMED) toepassen. Op deze manier kan namelijk een value stream gecreëerd worden zonder onnodige onderbrekingen. Daarnaast moet het bedrijf vraaggestuurd werken om Lean te handelen. Dit kan het beste door het Kanban-systeem toe te passen. Tenslotte moet er gestreefd worden naar perfectie aan de hand van continue verbetering, of ook wel Kaizen genoemd.

Figuur 1: Principes Lean Management (eigen inbreng op basis van Womack en Jones 1996)

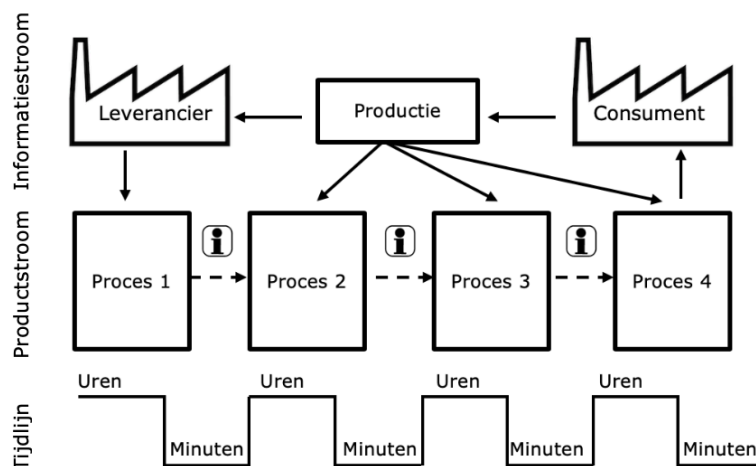


Een eerste principe en ook een kritiek startpunt is de waarde van het product. Deze waarde kan enkel bepaald worden door de eindklant en is alleen zinvol wanneer het uitgedrukt kan worden in een specifiek product (goed of dienst). Dit product moet niet alleen voldoen aan de noden van de consument, maar het moet ook tegen een specifieke prijs en op een specifiek tijdstip aangeboden worden. (Rania A.M. 2013). De waarde zelf wordt gecreëerd door de producent. Vanuit het standpunt van de consument is dit de reden waarom producenten

bestaan. Het foute product aanbieden aan de klant wordt ook als een verspilling gezien. (Womack en Jones 1996).

Een tweede principe stelt dat de waardenstroom geïdentificeerd moet worden voor elk product. Dit wordt ook wel Value Stream Mapping (VSM) genoemd. (Womack en Jones 1996). Zo een value stream is een verzameling van alle acties (zowel acties die waarde toevoegen, als acties die geen waarde toevoegen aan het product) die nodig zijn om een product (of een groep producten die dezelfde middelen gebruiken) door de hoofdstromen van de supply chain te brengen, te beginnen met grondstoffen en te eindigen met de klant. (Rother en Shook 1999). Wanneer deze methode toegepast wordt, gaat er gewerkt worden aan verbeteringen vanuit het grote geheel en niet aan de individuele processen. (Abdulmaleka en Rajgopal 2007). Abdulmaleka en Rajgopal (2007) identificeren drie stappen waarin VSM voltooid kan worden. De eerste stap is het kiezen van een bepaald product of productfamilie die als doelwit dient om verbeteringen op toe te passen. Bij de volgende stap moet een statuskaart getekend worden van de huidige processen dat in feite een snapshot is van hoe het product momenteel wordt geproduceerd. Dit kan gedaan worden door het feitelijke proces te analyseren en biedt een basis voor het analyseren van het systeem en het identificeren van de zwakke punten ervan. (Braglia et al 2006). Figuur 2 is een voorbeeld van de lay-out van een statuskaart. Eerst worden de informatiestromen in kaart gebracht (waarin de leverancier en de consument centraal staan), daarna wordt de productstroom met het aantal processen geschematiseerd. De derde stap in VSM is het maken van de toekomstige statuskaart, die een beeld geeft van hoe het systeem er zou moeten uitzien nadat de inefficiënties zijn geëlimineerd. Deze kaart wordt de basis voor het aanbrengen van de nodige wijzigingen in het systeem. De methode is in staat om afval inherent aan het proces te benadrukken. De uiteindelijke eliminatie van het afval gebeurt los van de VSM-methode. VSM creëert enkel een gemeenschappelijke basis voor het productieproces, waardoor meer doordachte beslissingen worden genomen om de waardestream te verbeteren. (Ferenhof et al 2018).

Figuur 2: Principes Lean Management (eigen inbreng op basis van Womack en Jones 1996)



Wanneer de value stream mapping voltooid is en alle duidelijk verspillende activiteiten geëlimineerd zijn, kan overgegaan worden naar een derde stap: zorg voor een stroom van waarde zonder onderbrekingen. Deze stap zorgt wel voor een aantal herschikkingen binnen het bedrijf. (Manea, D. 2013). Er wordt namelijk vaak in batches geproduceerd terwijl dit juist de wachttijden verhoogt. Het product zit immers te wachten op de omschakeling van het departement om de volgende activiteit dat het product nodig heeft te voltrekken. (Womack en Jones 1996). Het hele proces werkt echter beter wanneer er gebruik wordt gemaakt van Cellular Manufacturing (CM). Dit is een toepassing waarbij onderdelen gegroepeerd worden in onderdeelfamilies en machines geplaatst worden in machinecellen zodat baat gemaakt kan worden van de gelijkenissen tussen de onderdelen in die cel. Figuur 3 is hier een voorbeeld van. Doordat alle machines op volgorde in een cel worden geplaatst, wordt het makkelijker om het proces te volbrengen. Op die manier kan efficiënter gepresteerd worden en kan het proces makkelijker gemanaged worden. Belangrijke voordelen van CM zijn verminderde setup tijd, verminderde voorraad goederen in bewerking, verminderde throughput tijd, verminderde material handling kosten, een verbeterde productkwaliteit, simpelere planning, etc. (Pattanaik en Sharma 2009).

Figuur 3: Cellular Manufacturing (Amia systems 2017)



Daarnaast is de Single Minute Exchange of Dies een belangrijk begrip bij de implementatie van Lean manufacturing. De omschakeltijd is een vorm van verspilling in het lean-concept dat moet worden geëlimineerd aangezien het geen toegevoegde waarde biedt voor de klanten en dus resulteert in een inefficiënt proces. De SMED-methode kan gebruikt worden om deze omsteltijd te verkorten. (Indrawati et al 2018). Het concept stelt namelijk dat elke omstelling minder dan 10 minuten zou moeten duren. (Dave en Sohani 2012). Met omstellen wordt het geheel van activiteiten dat nodig is voor het omschakelen van een huidig productieorder, naar een nieuwe productieorder bedoeld. (Ball, P. 2015).

Het vierde principe is het pull-principe. Hopp en Spearman (2004) definiëren het pull-systeem als een systeem dat de hoeveelheid producten die het productieproces invoert expliciet beperkt. De traditionele productiemethoden (push-systeem) hebben namelijk de neiging om producten in het productieproces te duwen, zonder de hoeveelheid te beperken in de hoop dat er een klant zal zijn die deze voorraad opkoopt. In een pull-systeem wordt nog geen enkele productiefase voltooid, totdat er vraag naar is in een later stadium. (Manea, D. 2013). Zo een pull-stroom zorgt voor een stuk minder voorraad van goederen in bewerking. Dit kan verwezenlijkt worden door gebruik te maken van Kanbans, wat een signaal of een

teken is dat gebruikt wordt aan de hand van een kaart of een speciaal papier. Het kernprincipe van een Kanban is om werk te visualiseren. (Taylor en Brunt 2002). De kaarten worden gerangschikt op een Kanbanbord, wat bestaat uit een set van kolommen, één voor elke verschillende werktoestand. De kolommen worden ingedeeld van links naar rechts in de volgorde waarin het werk vloeit (flow). Sommige kolommen stellen het werk dat wordt gedaan voor, terwijl andere staan voor de goederen die wachten om aan gewerkt te worden. De hoeveelheid van actief werk wordt gemanaged door het aantal goederen in bewerking te beperken. De teamleden van die afdeling bepalen deze beperking. Ze kunnen dan geen kaart verschuiven naar de volgende kolom, tenzij deze kolom nog capaciteit over heeft. (Olsen, D. 2015). Het proces zelf gebeurt als volgt: wanneer een werkstation vrij is voor een nieuwe taak, neemt de operator een volgende productiekaart uit de aangeduide doos. Door deze kaart weet de operator dat er een bepaald onderdeel nodig is voor een downstream werkstation. De medewerker kijkt dan naar het inbound voorraadpunt voor de materialen die nodig zijn om dat onderdeel te maken. Als deze materialen aanwezig zijn, zal de operator de kaarten die hieraan hangen verwijderen en in een andere doos plaatsen. Als de materialen niet aanwezig zijn, zal de operator kiezen voor een andere productiekaart. Wanneer de operator zowel de productiekaart als de nodige materialen heeft, zal de medewerker het onderdeel verwerken, de productiekaart hieraan vastmaken en het in het outbound voorraadpunt plaatsen. (Hopp en Spearman 2000).

Tenslotte wordt het laatste principe van Lean beschreven als perfectie. De value stream moet om aan het vijfde principe te voldoen continu verbeterd worden. Dit wordt binnen Lean Management ook wel Kaizen genoemd. Via een gestructureerde aanpak dienen verspillingen te worden geëlimineerd aan de hand van de voorgaande vier principes. (Manea, D. 2013). Volgens Womack en Jones (1996) is transparantie de belangrijkste stimulans tot perfectie. Het feit dat elke partij in de supply chain (onderaannemers, leveranciers, distributeurs, samenstellers, klanten, werknemers, etc) alles kan zien wat er gebeurt in het proces, zorgt ervoor dat er betere manieren gevonden kunnen worden om waarde te creëren of om Muda te detecteren.

3.1.4 Concepten

Daarnaast zijn er ook een heel aantal terugkerende concepten die bij Lean toegepast kunnen worden om deze eerder besproken verspillingen oftewel Muda tegen te gaan (zie tabel 1). (Womack en Jones 1996).

Tabel 1: Concepten Lean Management (eigen inbreng op basis van Manea, D. 2013)

Concept	Definitie
Value stream mapping	Identificatie van alle specifieke activiteiten die zich voordoen in de value stream voor een product of een productfamilie (zie principe 2). (Womack en Jones 1996).
Cellular manufacturing	Apparatuur en werkstations zijn ingericht om de continue stroomproductie te vergemakkelijken. In een productiecel worden alle bewerkingen die nodig zijn om een component of subassemblage te produceren dicht bij elkaar uitgevoerd, vaak in een U-vormige lay-out, waardoor snelle feedback tussen bewerkingen mogelijk is wanneer zich problemen en andere problemen voordoen. Werknemers in productiecellen zijn doorgaans in staat om meerdere taken uit te voeren als dat nodig is (zie principe 3). (Womack en Jones 1996).
Single Minute Exchange of Dies (SMED)	Methode om een snelle en efficiënte manier voor het omstellen van een productieproces te bekomen. (Womack en Jones 1996).
Kanban	Productiemedewerkers gebruiken papieren Kanban-kaarten om fysiek te signaleren wanneer het systeem extra werk vereist (zie principe 4). (Olsen, D. 2015).
Jidoka	Algemene concept van kwaliteit bij de bron door middel van automatisatie. De uitrusting wordt zodanig ontworpen dat het automatisch uitschakelt wanneer er een slecht product gemaakt wordt. Op die manier kunnen de werknemers dadelijk reageren en het probleem oplossen van zodra het zich voordoet. (Womack en Jones 1996).
JIT	Een systeem om de juiste producten op het juiste tijdstip en de juiste hoeveelheid te produceren en te beleveren. (Womack en Jones 1996).
Heijunka	Het constant houden van het productieniveau door orders te rangschikken in een repetitief patroon en het nivelleren van de dagelijkse variaties in totale orders om te voldoen aan de vraag op langere termijn. (Womack en Jones 1996).
Poka Yoke	Een apparaat of een opstelling die het voor de menselijke interface met een machine of product onmogelijk maakt om een fout te maken. Bijvoorbeeld een mal die ervoor zorgt dat een onderdeel niet ondersteboven geplaatst kan worden. (Womack en Jones 1996).
5S	Toepassing om het proces "schoon" of "opgeruimd" te maken/houden. (Braekers, K. 2017).

Het originele TPS-systeem was volgens Ohno (1988) gestoeld op 2 concepten: Jidoka en JIT (just-in-time). Het Jidoka-principe is een proces van kwaliteitscontrole en verwijst naar de automatisering van het productietoezicht. (Hopp en Spearman 2000). Dit houdt in dat het personeel gewaarschuwd wordt wanneer een abnormale situatie zich voordoet, zodat de productielijn gestopt kan worden. Hierdoor gaat verspilling, afval en te veel output voorkomen

worden. Achteraf ligt de focus op hoe dit is kunnen gebeuren en hoe het in de toekomst vermeden kan worden. (Manea, D. 2013). Aan de andere kant is er nog de just-in-time-methode, wat slaat op het exact verkrijgen van wat nodig is, op het juiste tijdstip en in de juiste hoeveelheid. (Ohno, T. 1988). Later werd nog een derde pilaar toegevoegd, namelijk Heijunka. Heijunka betekent letterlijk nivellering in het Japans. Het doel hiervan is het productieniveau zo constant mogelijk te houden om op die manier een consistente flow in de productie te brengen. Het algemene idee is een gemiddeld aantal goederen produceren met een constante snelheid, zodat verdere verwerking kan worden uitgevoerd op een constante en voorspelbare snelheid. (Taylor en Brunt 2003). In 1996 na het uitkomen van het boek "Lean Thinking" door Womack en Jones kregen de concepten TPS en JIT een naamsverandering om aandacht en naambekendheid te geven aan het gedachtegoed. Vanaf toen werd het overkoepelende concept *Lean* genoemd.

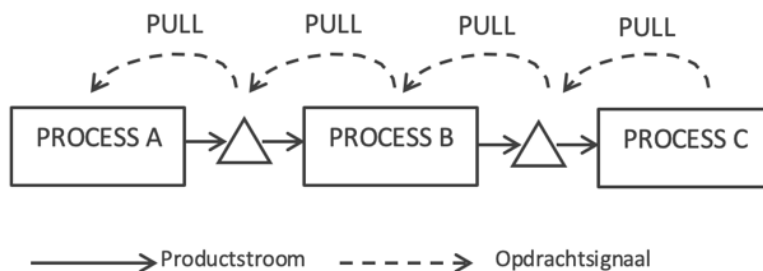
Daarnaast is Poka-yoke een bekend mechanisme binnen Lean Management. Het verwijst naar elke werkwijze die de werknemers helpt om fouten te vermijden. Het doel is om zoveel mogelijk defecten te voorkomen door preventie, correctie of door de aandacht te vestigen op menselijke fouten zodat geen enkel defect onderdeel wordt verstuurd naar de volgende stap of afdeling. (Manea, D. 2013). Verder spelen ook de vijf S'en een belangrijke rol om een organisatie Lean te maken. In tabel 2 worden deze verder uitgelegd. Het 5S-programma heeft een aantal voordelen, zoals: onderhoud, discipline, het verminderen van de productie en verwerkingstijd die tot lagere kosten leiden.

Tabel 2: Vijf S'en (Braekers, K. 2017)

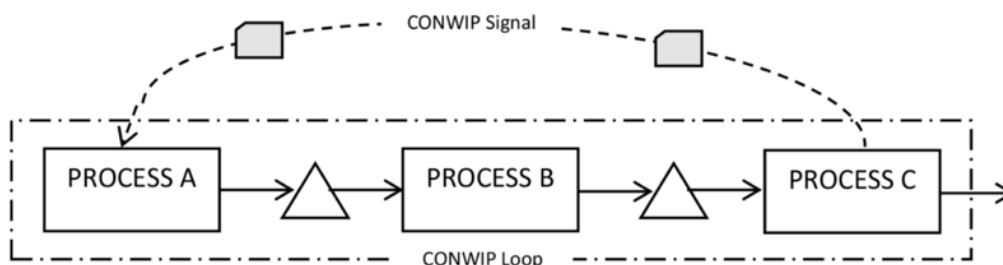
5S's	Doel
Sort	Houd enkel bij wat je nodig hebt
Set in order	Geef alles een plaats en zorg dat alles op die plaats blijft liggen
Shine	Zorg dat alles proper en georganiseerd is
Standardize	Eerste drie stappen moeten een gewoonte worden
Sustain	Houd je aan de regels

3.1.5 Valkuilen bij implementatie

Zoals eerder vermeld is Kanban een belangrijke tool die gebruikt wordt binnen Lean Management. (Leonardo et al 2017). Een pull-systeem heeft namelijk een goed werkend communicatiekanaal, zoals de Kanban, nodig tussen de verschillende werkstations. De uitvoering gaat als volgt: 1) De Kanban kaart wordt gehecht aan een container. 2) Wanneer een bepaald station producten nodig heeft van een voorgaand station, geven ze de lege container mee met de kaart eraan. 3) Het voorgaande station moet ervoor zorgen dat deze container terug gevuld moet worden met de producten die het volgende station nodig heeft. (Arbulu 2006). Deze stappen worden weergegeven in figuur 4.

Figuur 4: Smpel Kanban systeem (eigen inbreng op basis van Arbulu 2006)

Kanban is echter geen variabel instrument. Hall (1983) wees er namelijk op dat Kanban enkel toepasbaar is in repetitieve productieomgevingen. Met repetitieve productie worden systemen waarin materiaal met vaste snelheden langs vaste paden stroomt bedoeld. Grote variaties in volume of veel verschillende producten vernietigen deze stroom, althans wanneer onderdelen afzonderlijk worden bekeken en daardoor Kanban ernstig verzwakt wordt. Hopp en Spearman (2000) hebben hiervoor een flexibel alternatief uitgevonden, namelijk CONWIP (constant work in process). Dit is een systeem dat nog steeds een relatief stabiel volume nodig heeft, maar meer solide is om schommelingen in de productmix aan te kunnen. Op die manier kan het beter inspelen op de veranderingen in de vraag van de klant. Hierbij zijn de goederen in bewerking niet bij elke machine beperkt, maar is er een beperking op de goederen in bewerking bij elke totale productie flow (dat bestaat uit meerdere machines). (Pettersen en Segerstedt 2009). Bij zo een productielijn worden de productiekaarten terug naar het begin van de productielijn gestuurd indien een bepaalde taak klaar is. Zo weten ze dat een nieuwe taak mag opgestart worden (zie figuur 5). CONWIP zorgt met andere woorden voor een vermindering van de voorraad goederen in bewerking. Hopp en Spearman (2000) veronderstellen twee zaken door CONWIP op deze manier te beschrijven. Ten eerste vermoeden ze dat de productielijn bestaat uit single routing waar alle onderdelen langs stromen. Ten tweede veronderstellen ze dat de taken identiek zijn aan elkaar zodat de goederen in bewerking redelijk gemeten kunnen worden in units (d.w.z. het aantal taken of onderdelen in de productielijn).

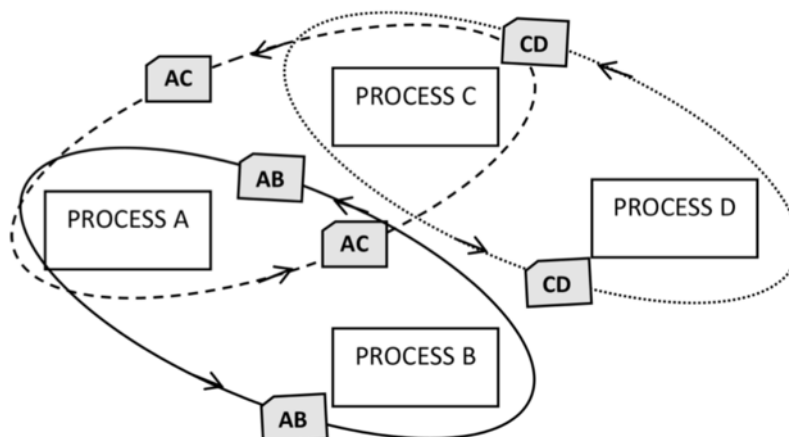
Figuur 5: Smpel CONWIP systeem (Frazee en Standridge 2013)

Niet alleen de non-variabiliteit van het Kanban-systeem zorgt voor problemen, ook de werknemers staan onder een grotere druk. Het feit dat Kanban-systemen pull toepassen aan elk werkstation introduceert een bepaalde hoeveelheid stress. Operatoren die grondstoffen bezitten maar geen productiekaart, kunnen niet beginnen met werken. Wanneer de productiekaart

dan aankomt, moeten ze de leegte in het systeem zo snel mogelijk opvullen, zodat er geen tekorten kunnen voorkomen in het proces. (Hopp en Spearman 2000).

Een andere moeilijkheid die Hopp en Spearman (2000) terugvinden binnen Lean Management is het omgaan met onverwachte storingen, zoals annuleringen van bestellingen of machinefouten. In een MRP-systeem wordt het schema gewoon opnieuw gegenereerd wanneer de productievereisten veranderen. Binnen Lean Management wordt echter gebruik gemaakt van het pull-systeem dat niet gepast kan reageren op veranderingen in de productie. Dit kan leiden tot een overschot aan voorraad en late verzendingen van nieuwe producten. Daarnaast vonden Vandaele et al (2008) dat wanneer er meerdere signalen tegelijkertijd aanwezig zijn (bijvoorbeeld van verschillende stroomafwaartse werkstations), het pull-systeem geen informatie geeft over hoe de signalen geprioriteerd moeten worden. Als gevolg hiervan kunnen werkstations reageren op relatief niet-urgente signalen of signalen waarvoor geen stroomafwaartse capaciteit beschikbaar is. Een oplossing voor deze twee problemen is POLCA. Dit is een hybride materiaal controlesysteem dat een combinatie maakt tussen het push-element van MRP-systemen en de goederen in bewerking capaciteit dat typisch is voor het pull-systeem. (Vandaele et al 2008). Een simpele voorstelling van POLCA aan de hand van drie lussen is te zien op figuur 6. Elke lus bevat een specifiek aantal kaarten die typerend zijn voor die ene lus. De kaarten worden gelabeld met een cel/proces van afkomst en de bestemming hiervan. Het werk mag enkel beginnen wanneer de cel of het proces een POLCA kaart heeft. Wanneer de productie aan de afkomst gedaan is, wordt het werk en de kaart naar de cel of het proces van de bestemming gebracht. De kaart gaat tenslotte terug naar het begin wanneer de productie hier afgewerkt is. Het werk kan dus enkel verder bewegen wanneer het vergezeld wordt met een POLCA kaart. Hierdoor controleert het POLCA-signaal de capaciteit. Het aantal kaarten zet een limiet op het aantal goederen in bewerking in het systeem. (Frazee en Standridge 2013). Het POLCA-systeem kan het best gebruikt worden in Make To Order (MTO) organisaties waarbij een hogere personalisatiegraad met lagere volumes van toepassing is. Het is ontworpen voor productieomgevingen met lage volumes en hoge variabiliteit. De structuur ervan zorgt ervoor dat werkstations de capaciteit efficiënt kunnen toewijzen wanneer meerdere pull-signalen aanwezig zijn. (Vandaele et al 2008).

Figuur 6: Sempel POLCA systeem met drie lussen (Frazee en Standridge 2013)



Daarnaast werkt Lean enkel in een ideale omgeving (als de vraag absoluut vlak, perfect voorspelbaar en binnen capaciteitsmogelijkheden is). Lean-systemen zijn echter nooit ideaal en bevatten hierdoor noodgedwongen maatregelen om te anticiperen op onverwachte storingen. Als de productie het gewenste tempo te boven gaat, worden de werknemers ofwel naar huis gestuurd, ofwel moeten ze andere taken volbrengen. Wanneer de productie minder is dan gewenst, hetzij vanwege problemen in de lijn of vanwege veranderingen in de vereisten, dan wordt de extra tijd die er voorzien was gebruikt. Een manier om dit mogelijk te maken is two-shifting, waarbij twee ploegen per dag worden ingepland, gescheiden door een down period (moment dat het proces stilligt). Deze down period kan dan gebruikt worden om preventief onderhoud te verrichten of om (indien nodig) bepaalde stappen van het proces in te halen. Een populaire benadering van deze methode is door ploegendiensten te plannen waarbij twee shifts van acht uur worden gescheiden door perioden van vier uur down. (Hopp en Spearman 2000).

Een overzicht van de verschillende valkuilen van Lean Management is te vinden in tabel 3. Om de non-variabiliteit van het Kanban-systeem en de grote druk op de werknemers door de Kanban tegen te gaan, kan CONWIP toegepast worden binnen de onderneming. Het concept POLCA dient daarentegen om een gepaste reactie te bieden op veranderingen en om de signalen die binnenkomen te prioriteren. Tenslotte kan two-shifting toegepast worden in niet-ideale omgevingen.

Tabel 3: Valkuilen Lean Management (eigen inbreng op basis van Hopp en Spearman 2000)

<i>Valkuilen Lean Management</i>	Oplossing
<i>Non-variabiliteit van Kanban</i>	CONWIP
<i>Grotere druk werknemers door Kanban</i>	
<i>Niet gepaste reactie op veranderingen</i>	POLCA
<i>Signalen worden niet geprioriteerd</i>	
<i>Niet-ideale omgeving</i>	Two-shifting

3.2 Overall Equipment Effectiveness

Het concept Overall Equipment Effectiveness wordt in de volgende vier subsecties uitgebreid aangehaald. Om te beginnen wordt in 3.2.1 de definitie van OEE toegelicht. Daarna volgt de berekening van het model en de componenten in sectie 3.2.2. De uitbreidingen en gerelateerde concepten worden in 3.2.3 aangehaald. Tenslotte wordt net zoals bij Lean Management de valkuilen bij implementatie van Overall Equipment Effectiveness toegelicht in subsectie 3.2.4.

3.2.1 Definitie

Overall Equipment Effectiveness is één van de meest praktische tools voor procesverbetering. Het vindt zijn oorsprong in de Japanse verbetermethode Total Productive Maintenance (TPM) (Dal et al 2000). Het geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid goede producten die

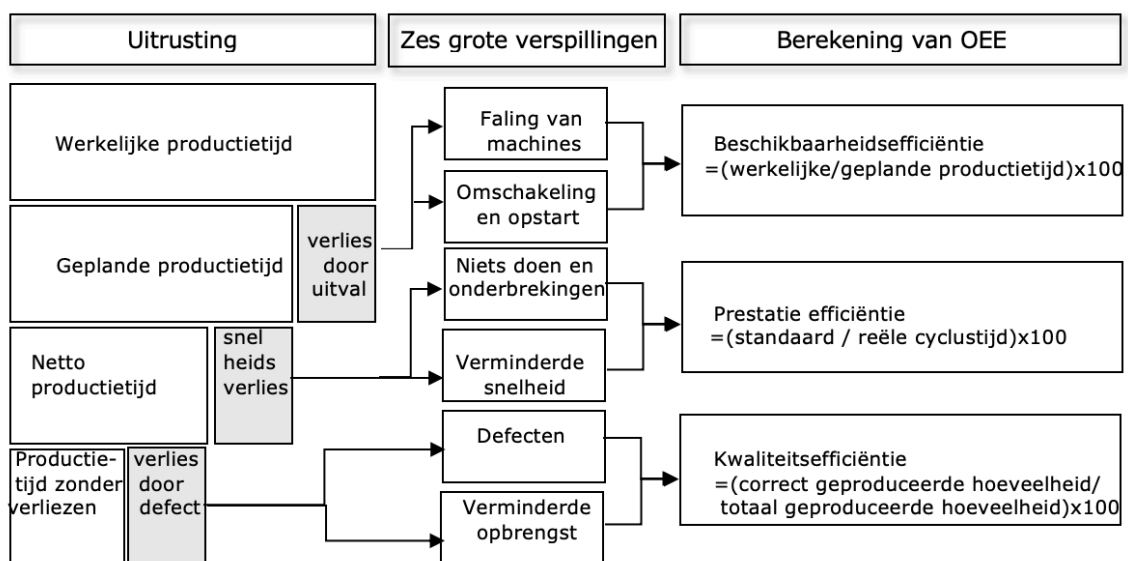
een productiemiddel aflevert, en het maximaal haalbare. Een OEE-score van 100 procent betekent dat alleen goede onderdelen geproduceerd worden en dat ook nog eens zo snel mogelijk en zonder onderbrekingen. Dit is echter niet realistisch. In de praktijk wordt een OEE van 80 à 85 procent als excellent beschouwd. (Pinto et al 2017).

Het kan toegepast worden op verschillende levels binnen een productieomgeving. (Nakajima, S. 1988; Dal et al 2000). Om te beginnen kan OEE gebruikt worden als criterium om de initiële prestatie van een productieonderneming in zijn geheel te meten. Op deze manier kan de oorspronkelijke OEE-meting vergeleken worden met toekomstige metingen en kunnen de verbeteringen die het bedrijf gemaakt heeft gekwantificeerd worden. (Ranteshwar et al 2013). Ten tweede kan een OEE-waarde, die voor één productielijn is berekend, worden gebruikt om de lijnprestaties in de fabriek te vergelijken, waardoor eventuele slecht presterende machines worden benadrukt. Tenslotte kan een OEE-meting vaststellen welke machineprestaties slechter zijn en daardoor ook aangeven waar het meeste aandacht aan besteed moet worden. (Dal et al 2000). Hier bevindt zich vaak de bottleneck van het proces, wat de machine met de hoogste cyclustijd is. Dit is de tijd tussen het maken van 2 producten. (Braglia et al 2009). Deze bottleneck moet eerst verbeterd worden, zodat het proces telkens korter wordt. Het doel is om deze iteratief te verbeteren, zodat het proces efficiënter kan worden.

3.2.2 Berekening en componenten

OEE wordt gemeten in termen van zes grote verspillingen (zie figuur 7) die als functie kunnen worden gezien van de beschikbaarheid, prestatie en kwaliteit van de machines, productielijn of bedrijf. (Aminuddin, N. et al 2016). De berekeningen geven weer of de apparatuur onderbenut of overbenut wordt en waar zich eventuele verborgen kosten bevinden. (Ranteshwat et al 2013; Gibbons, M. en Burgess, C. 2010).

Figuur 7: Meting OEE (eigen inbreng op basis van Nakajima 1988)



De beschikbaarheidsefficiëntie meet de totale tijd dat een systeem niet werkt door opstart, falingen, aanpassingen en andere stilstanden. Deze worden ook wel de "downtime losses" of

het verlies door uitval genoemd. (Braglia et al 2009). Het geeft de verhouding weer tussen de werkelijke/theoretische productietijd en de geplande productietijd. Het verschil tussen deze twee is het verlies door uitval en geeft aanleiding tot het plannen van preventief onderhoud om zulke verspillingen te voorkomen. Dit kan echter in bepaalde gevallen leiden tot te veel onderhoud van de apparatuur en te lange insteltijden. (Bamber et al 2003). De reële beschikbaarheid die door deze parameter gemeten wordt, zou idealiter een waarde moeten hebben van 90 procent. Dit is in veel gevallen niet realistisch omdat het zou betekenen dat de machine maar 10 procent van de totale tijd stilstaat. (Dal et al 2000; Mainea et al 2010; Nakajima, S. 1988).

De tweede factor, de prestatie efficiëntie, meet de verhouding van de werkelijke productiesnelheid van de apparatuur (netto productietijd) en de ideale productietijd (productietijd zonder verliezen). (Bamber et al 2003). De standaardcyclustijd is de tijd dat het bedrijf op voorhand uitrekt om te zien hoe lang het gaat duren vooraleer een product volledig klaar is (van begin tot eind). De reële cyclustijd is de werkelijke productietijd, rekening houdend met eventuele vertragingen. (Mainea et al 2010). De prestatie efficiëntie berekent onder andere de verminderde snelheid van een machine, onderbrekingen of de tijd dat een werknemer niets doet doordat de medewerker moet wachten op een vorige stap in het proces. (Nakajima, S. 1988). In een optimale situatie zou deze efficiëntie meer dan 95 procent moeten bedragen. Er mag met andere woorden in het proces slechts drie minuten in een uur verloren worden aan een verminderde snelheid. (Dal et al 2000; Mainea et al 2010; Nakajima, S. 1988).

Tenslotte is er nog de kwaliteitsefficiëntie die bepaald wordt door de defecten en de verminderde opbrengst te berekenen. Beide zijn redenen waardoor de kwaliteit van het eindproduct lager kan zijn. Idealiter heeft deze parameter een waarde van 99 procent of hoger.

Wanneer deze drie parameters vermenigvuldigd worden, zou de totale efficiëntie 85 procent moeten zijn. De 15 procent die overschiet is het maximum aan defecte onderdelen, onderbrekingen en tragere productie dat een productieproces mag hebben. De doelstelling voor het bedrijf is om hoger dan 85 procent te scoren, waardoor de productiviteit hoog zal liggen. (Dal et al 2000; Mainea et al 2010; Nakajima 1988).

3.2.3 Uitbreidingen en gerelateerde concepten

De verliezen of verspillingen die in elke stap voorkomen kunnen zowel chronisch als sporadisch zijn en kunnen gedefinieerd worden als activiteiten die bepaalde middelen verbruiken, maar geen waarde toevoegen aan het product. Chronische verspillingen zijn het moeilijkste op te sporen aangezien ze verstopt zitten in de dagelijkse handelingen binnen het bedrijf. Ze zijn meestal klein, verborgen en gecompliceerd omdat ze het gevolg zijn van meerdere gelijktijdige oorzaken. (Muchiri en Pintelon 2008). Identificatie van zulke verspillingen is enkel mogelijk door het vergelijken van de prestaties aan de hand van de theoretische capaciteit van de apparatuur. (Bamber et al 2003). Sporadische verspillingen zijn anderzijds makkelijk op te sporen omdat ze onregelmatig voorkomen en het effect ervan ook een stuk groter is. (Jonsson et al 1999; Dal et al 2000).

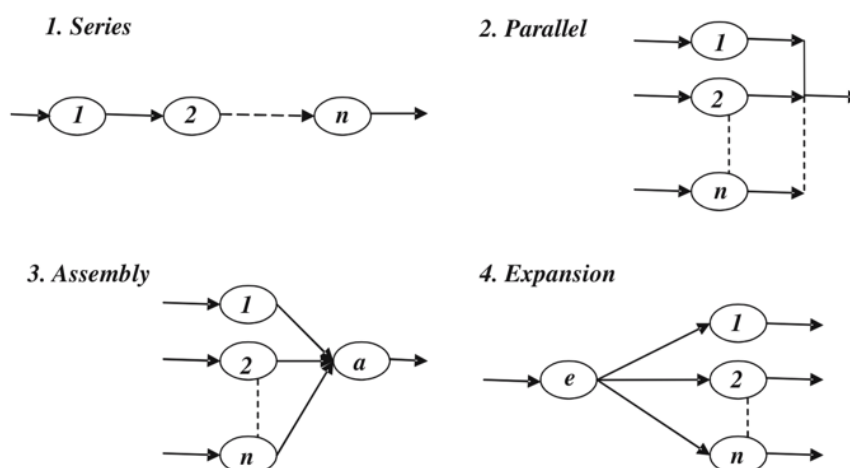
Wanneer bedrijven OEE gaan toepassen in hun bedrijf, is het belangrijk dat er een mentaliteitsshift plaatsvindt bij de werknemers aangezien nieuwe rollen binnen de

onderneming aangenomen moeten worden. (Aminuddin et al 2016). Zo moet er bijvoorbeeld een switch gemaakt worden van correctief naar preventief onderhoud. (McKone et al 1999). Het is bijgevolg van belang dat er een vorming plaatsvindt voor de eigenlijke implementatie van OEE. Hansen (2002) suggereert namelijk dat gemotiveerde, goed opgeleide en flexibele werknemers essentieel zijn om organisaties te doen slagen bij de toepassing van OEE.

3.2.4 Valkuilen bij implementatie

Alhoewel OEE een zeer goede manier is om de efficiëntie van de uitrusting van een bedrijf te meten, kent het toch een aantal zwaktes. Muchiri en Pintelon (2008) suggereren namelijk dat het productieproces een complex web is van interacties waarbij de middelen strategisch moeten worden ingezet met de nadruk op de prestaties van de hele fabriek. OEE focust echter enkel op de individuele apparatuur en kijkt dus niet naar het geheel aan middelen die het bedrijf ter beschikking heeft of naar een volledige productielijn. Om OEE op basis van dit gebrek aan te vullen, hebben Muthiah en Huang (2006) Overall Througput Effectiveness (OTE) bedacht. OTE is ontwikkeld op basis van het idee om de werkelijke productiviteit te vergelijken met de maximaal haalbare productiviteit. Dit is hetzelfde idee achter de ontwikkeling van OEE. Het verschil is dat OEE zich op machineniveau bevindt, terwijl OTE op fabrieksniveau gemeten wordt. Hierdoor kan OTE gebruikt worden om een diagnose van een volledige productielijn uit te voeren, waarbij de bottleneck duidelijk zichtbaar wordt. Er worden vier unieke subsystemen (series, parallel, assembly en expansion) geïdentificeerd als constructies voor het modelleren van een productiesysteem, zoals weergegeven in figuur 8. De OTE-maatstaven voor deze subsystemen zijn gebaseerd op een "Systeembeperving" -aanpak die automatisch rekening houdt met de tijd dat de apparatuur niet wordt gebruikt. (Muthiah et al 2008).

Figuur 8: Subsystemen OTE (Muthiah et al 2008)



Om de werking van OTE simpel uit te leggen, moet de formule van OEE vereenvoudigd worden:

$$OEE = \frac{\text{werkelijke doorstroom (eenheden) van de uitrusting in totale tijd}}{\text{theoretische doorstroom (eenheden) van de uitrusting in totale tijd}}$$

Om deze formule om te zetten in termen van OTE, moet de definitie van OEE uitgebreid worden van enkel de uitrusting naar fabrieksniveau:

$$OTE = \frac{\text{werkelijke doorstroom (eenheden) van de fabriek in totale tijd}}{\text{theoretische doorstroom (eenheden) van de fabriek in totale tijd}}$$

Dit is een vereenvoudigde versie van de formule, maar het geeft wel een duidelijk beeld van de opzet van de berekening van OTE.

Daarnaast meet OEE niet de strategie, stroomoriëntatie en externe effectiviteit voor een bedrijf, althans niet in grote mate. (Lesshammar en Jonsson 1999). Het is dus onvoldoende om enkel OEE toe te passen aangezien het slecht zou zijn als het bedrijf een hoge OEE heeft (interne effectiviteit), maar een lage klanttevredenheid (externe effectiviteit) (Muchiri en Pintelon 2008).

Een andere belangrijke beperking van OEE is dat het geen aandacht heeft voor andere factoren in de productieomgeving die invloed kunnen hebben op de prestaties van een machine, proces of productielijn. Deze factoren kunnen zijn: inefficiënties of verbeteringen in arbeidsbeheer en -gebruik, de kwaliteit van grondstoffen, kosten, etc. (He et al 2018). Net als de beschikbaarheids-, prestatie- en kwaliteitsmetingen (reeds gemeten door OEE), kunnen deze andere factoren zich gedragen als dynamische variabelen die voortdurend kunnen veranderen op basis van verschillende situaties. Na bijvoorbeeld een tijd- en bewegingsstudie, gaat een industrieel ingenieur een aantal operatoren uit een assemblagelijijn verwijderen. Deze operationele aanpassing, wordt door OEE genegeerd omdat de maatstaven geen rekening houden met externe factoren. (Garza-Reyes 2015). Om een uitgebreidere evaluatie in vergelijking met OEE te bekomen, heeft Garza-Reyes (2015) Overall Resource Effectiveness ontwikkeld. Het belangrijkste verschil tussen ORE en de traditionele OEE is dat met behulp van ORE de algehele prestaties van een machine of proces geëvalueerd kunnen worden. Dit is dan niet alleen gebaseerd op de drie factoren die reeds gemeten worden door OEE, maar ook op drie andere elementen: materiaalefficiëntie, proceskosten en materiaalkostenvariaties.

De traditionele berekening van OEE houdt tenslotte geen rekening met de vraag van de klant aangezien het enige doel is om zo hoog mogelijke parameters te bekomen. Wanneer het bedrijf zich echter in een periode bevindt met lage vraag (bijvoorbeeld de zomerperiode voor een onderneming die kerstbomen verkoopt) en enkel aandacht heeft voor optimale machineprestaties, gaat deze voor overproductie zorgen. Hoe meer overproductie, hoe meer inventariskosten het bedrijf gaat hebben. (Bamber et al 2003). Puvanasvaran et al (2013) hebben hiervoor een oplossing gevonden. Wanneer de takt time inbegrepen wordt in de berekening van de prestatie efficiëntie, zou de overproductie verminderd moeten worden terwijl het nog streeft naar een hoge optimalisatie van het machinegebruik. Met takt time bedoelen ze de beschikbare tijd gedeeld door de totale vraag van de consument. (McKellen, C. 2004). Als de vraag van de klant daalt, daalt de takt time ook. Door de takt time te verwerken in de formule van de prestatie efficiëntie, wordt er ook rekening gehouden met de vraag van de klant waardoor overproductie wordt vermeden. De nieuwe formule om de prestatie efficiëntie te berekenen zou er dan als volgt uitzien: 100 procent - (gemiddelde cyclustijd – takt time)/takt

time. Door deze formule te hanteren kunnen zowel overproductie als productietekorten zich niet meer voordoen, aangezien 100 procent prestatie efficiëntie enkel bereikt kan worden wanneer de takt time exact hetzelfde is als de gemiddelde cyclustijd. (Puvanasvaran et al 2013).

In tabel 4 is een overzicht opgesteld van de valkuilen binnen Overall Equipment Effectiveness. Ten eerste wordt binnen OEE enkel aandacht besteed aan individuele apparatuur en dus niet op een volledige productielijn. Wanneer het bedrijf echter ook gebruik maakt van Overall Throughput Effectiveness (OTE), kan de focus verlegd worden naar een volledige productielijn waardoor bottlenecks opgespoord kunnen worden. Daarnaast moet buiten OEE ook gebruik gemaakt worden van meerdere metingen aangezien OEE de strategie, stroomoriëntatie en externe effectiviteit van het bedrijf niet meet. OEE heeft daarbij ook geen aandacht voor andere factoren die zich afspelen in de productieomgeving. Een oplossing hiervoor is de toepassing van de aanvullende maatstaf Overall Resource Effectiveness (ORE). Tenslotte houdt OEE geen rekening met de vraag, waardoor overproductie kan voorkomen. Hiervoor moet de takt time in de formule van prestatie efficiëntie opgenomen worden.

Tabel 4: Valkuilen OEE (eigen inbreng op basis van Muchiri en Pintelon 2008 en Garza-Reyes 2015)

<i>Valkuilen OEE</i>	Oplossing
<i>Focus op individuele apparatuur i.p.v. volledige productielijn</i>	Overall Throughput Effectiveness (OTE)
<i>Geen meting van strategie, stroomoriëntatie en externe effectiviteit</i>	Meerdere metingen gebruiken
<i>Geen aandacht voor andere factoren in de productieomgeving</i>	Overall Resource Effectiveness (ORE)
<i>Overproductie</i>	Takt time in formule prestatie efficiëntie opnemen

4 Vergelijking Lean Management en Overall Equipment Effectiveness

Taylor en Brunt (2002) zien Overall Equipment Effectiveness eerder als een maatstaf om de prestatie van een individuele machine of een bepaalde cel van de werkvloer te meten, terwijl Lean Management dat doet voor de supply chain in zijn geheel. Wanneer een bedrijf de Lean filosofie toepast terwijl het ook gebruik maakt van OEE, kan het wel voor een probleem zorgen. Aangezien OEE een middel is om individuele machines te verbeteren, kan het overproductie veroorzaken, wat de ergste soort verspilling bij Lean is. (Van Goubergen, D. 2010).

Verspillingen zijn zoals eerder besproken de basis van Lean Management. Daarbuiten zijn een stijgende flexibiliteit, versoepeling van de flow en een continue verbetering de bouwstenen van een Lean organisatie (zie figuur 9). Deze vier factoren worden in de volgende secties één voor één vergeleken met die van OEE.

Figuur 9: Basiselementen Lean Management (eigen inbreng op basis van Womack en Jones 1996)



4.1 Verspilling

Braglia et al (2009) voorzien zes soorten verspillingen die toe te wijden zijn aan de uitrusting van een bedrijf. In tabel 5 zijn deze verspillingen weergegeven.

Tabel 5: Verspillingen OEE (eigen inbreng op basis van Braglia et al 2009)

Verspillingen	Voorbeelden
<i>Faling van uitrusting</i>	Een machine die stilvalt door geen preventief onderhoud gehad te hebben.
<i>Opstart- en verwisseltijden</i>	De tijd die nodig is om een machine om te schakelen van product x naar product y. Of de tijd om die machine op te starten.
<i>Niks doen, kleine onderbrekingen of lege posities</i>	Een werknemer die moet wachten op de vorige stap van het proces om aan een product te werken.
<i>Tegen een tragere snelheid produceren</i>	Een verouderde machine die minder snel werkt dan een vernieuwde machine.
<i>Verminderde opbrengst</i>	Er is een verminderde opbrengst omdat veel defecte onderdelen/producten geproduceerd worden.
<i>Kwaliteitsgebreken (defecten) en herstellingen</i>	De producten die klaar zijn voor verzending blijken stuk te zijn en moeten nog hersteld worden.

Uit de acht soorten verspillingen die Toyota voorop heeft gesteld om Lean af te bakenen, zijn er duidelijke tekortkomingen die naar boven komen bij de verspillingen van OEE. Deze zijn te zien in tabel 6.

Tabel 6: Verspillingen Lean Management (eigen inbreng op basis van Taylor & Brunt 2002)

Verspillingen	Voorbeelden
<i>Overproductie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Er wordt bij een bepaalde stap van het proces te veel geproduceerd door een slechte planning en stapelt zich een grote voorraad goederen in bewerking op. • De planning is slecht opgemaakt waardoor de werknemers niet weten hoeveel juist geproduceerd moet worden. • Er zijn te lange leadtijden waardoor men meer moet produceren om deze te compenseren.

<i>Wachttijden</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Een werknemer die moet wachten op de vorige stap van het proces om aan een product te werken. • De planning werd niet juist opgemaakt waardoor de werknemer niet weet wat de opdrachten zijn. • De werknemer werkt trager dan de productielijn zelf.
<i>Transport</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Er is maar één vorklift om bepaalde producten van de ene plaats naar de andere te brengen en er blijven hierdoor producten liggen die aan het wachten zijn op transportatie. • Er is een heel groot magazijn, waarvan de lay-out nog niet op punt staat en de werknemers heel ver moeten gaan om een bepaald component te gaan halen.
<i>Overprocessing</i>	<p>Er wordt meer gedaan dan de klant verwacht, waardoor bepaalde activiteiten van het proces geen waarde toevoegen aan het product vanuit het perspectief van de klant.</p>
<i>Voorraad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • De geplande voorraad wordt overschreden. • Goederen met korte houdbaarheidsdatum blijven te lang liggen.
<i>Overtollige bewegingen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • De lay-out van het magazijn is niet gestandaardiseerd waardoor de werknemers constant moeten zoeken naar componenten. • De lay-out van het magazijn is niet goed gekozen waardoor bepaalde werknemers ver moeten wandelen om hun componenten te gaan halen.
<i>Defecten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Producten die niet voldoen aan onze eisen. • Er gebeuren niet genoeg inspecties waardoor het bedrijf te laat ontdekt dat er een defect product is (eventueel zelfs een hele batch).
<i>Niet-benutte talenten van werknemers</i>	<p>Dit behoorde initieel niet tot de verspillingen van Lean, maar aangezien steeds meer mensen met hoge opleiding hun kennis niet kunnen gebruiken tijdens hun werk, werd deze nog aan het lijstje toegevoegd. Dit is niet alleen een zonde van de kennis, maar kan ook leiden tot een demotivering van het personeel. (Douglas et al 2015).</p>

Wanneer deze acht verspillingen vergeleken worden met de zes van OEE, is zichtbaar dat OEE maar een bepaald deel inneemt van Lean, namelijk enkel de verspillingen die voorkomen bij individuele machines terwijl de verspillingen die bij Lean terug te vinden zijn in de hele supply chain van toepassing zijn. (Van Goubergen, D. 2010).

4.2 Stijgende flexibiliteit

Daarnaast moet er voor een stijgende flexibiliteit gezorgd worden. Dit kan toegepast worden door een werknemer voor meerdere activiteiten en machines verantwoordelijk te stellen (multifunctionele werknemers), maar ook door het inschakelen van machines die voor meerdere doeleinden gebruikt kunnen worden. (Boyle et al 2009). Bij OEE maakt het echter niet uit of een machine voor meerdere processen gebruikt kan worden, maar dat de machine en de verantwoordelijke werknemers optimaal werken.

4.3 Versoepel de flow

De volgende doelstelling van Lean Management is de stroom van producten versoepelen. Wanneer het bedrijf namelijk uit één stuk bestaande stromen kan creëren en dit dan combineert met de Kanban-besturingssystemen, draagt dit bij aan een snelle levering aan de klant die direct na hun vraag kan plaatsvinden. Door ook SMED (zie derde principe Lean) te implementeren vermindert de omsteltijd van het ene product naar het andere, waardoor een kosteneffectieve vermindering van de batchgrootte mogelijk is die voor een soepelere doorstroming zorgt. (Ball, P. 2012). Tenslotte zal het pull-principe (zie vierde principe Lean) ook zorgen voor een betere flow aangezien het zorgt voor een aanzienlijke vermindering van de voorraad goederen in bewerking. (Manea, D. 2013). Overall Equipment Effectiveness biedt aan de andere kant de basis voor het stellen van verbeteringsprioriteiten en kan hierdoor wijzen op verborgen capaciteit in een productieproces wat leidt tot een gebalanceerde flow. (Muchiri en Pintelon 2008). Bij de flow is weer een connectie te zien tussen Lean en OEE aangezien het een gevolg is van de toepassing van beide concepten.

4.4 Continue verbetering

Tenslotte is er nog de continue verbetering, ook wel Kaizen genoemd. Deze sluit het meeste aan bij Overall Equipment Effectiveness. Het doel is namelijk om het productieproces continu te verbeteren waardoor minder fouten gaan voorkomen. Het houdt ook in dat veel preventief onderhoud verricht moet worden zodat er minder kansen zijn op een defect. (Braekers, K. 2017).

5 Casestudie en educatieve tool: OEE van biervullijnen (gebaseerd op He et al 2018)

In deze case wordt het efficiëntieverlies van een biervullijn in China onderzocht en gemodelleerd om de systeemprestaties te verbeteren. In de eerste sectie worden de problemen aangekaart ten gevolge van slecht productiebeheer. In sectie 5.2 worden de verschillende processen en data besproken die nodig zijn om een representatieve berekening te maken. De Value Stream Mapping wordt in sectie 5.3 berekend. Daarnaast volgt de berekening van de Overall Equipment Effectiveness van unit 1. In sectie 5.5 wordt de zelf ontwikkelde educatieve tool

besproken in kader van de case. Deze tool heeft samen met de case tot doel Overall Equipment Effectiveness te kaderen in de praktijk en geïnteresseerden kennis hierrond bij te brengen. Tenslotte wordt er geëindigd met een conclusie en enkele inzichten.

5.1 Bedrijfssetting

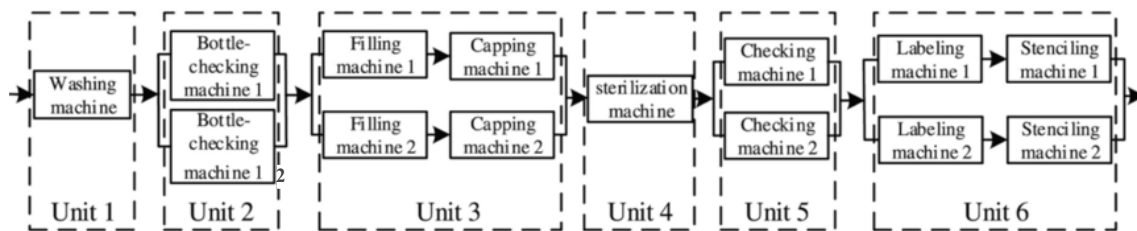
Zoals eerder vermeld, wordt deze case toegespitst op het proces van de biervullijn. Er is specifiek voor dit proces gekozen aangezien het vullen van de flesjes veel moeilijkheden met zich meebrengt. Zo kan een verschil in sterilisatie ervoor zorgen dat het bier verdeeld wordt in gepasteuriseerd bier en tapbier. Daarnaast zijn er veel technische parameters die een aantal problemen kunnen veroorzaken. Bijvoorbeeld verschillen in vloeistofniveau, labelling technieken, sterilisatiemethoden, de vorm van flesjes, etc. zorgen ervoor dat elke klant een verschillend product kan ontvangen. In tabel 7 staan de geobserveerde problemen opgesomd die aangepakt moeten worden.

Tabel 7: Problemen in de brouwerij (eigen inbreng op basis van He et al 2018)

<i>Probleem</i>	<i>Specificering</i>
<i>Hoge schadegraad van flesjes en een hoog verlies van bier</i>	In China is dit 2-3 procent (andere landen 0,5 procent)
<i>Vulproces voldoet niet aan de vereiste kwaliteit</i>	Bier spuit vaak uit de flesjes tijdens het vullen
	De hoeveelheid bier in elk flesje is inconsistent
	Defecten bij het opzetten van de dopjes
<i>Lage efficiëntie bij het wassen van de flesjes</i>	Blijvende overschotten van alkali na het wassen
	Labels die niet weggewassen kunnen worden
	Kwaliteit van de labels is onvoldoende
<i>Managementproblemen</i>	Incorrecte info
	Fouten die niet op tijd verwerkt worden
	Onderhoud en management van uitrusting gebeurt onvoldoende

5.2 Processen en data

De verschillende processen binnen het biervulproductiesysteem worden in de case units genoemd. Op figuur 10 is het model van het biervulproductiesysteem te zien waar alle units benoemd op staan. Later zal blijken dat één van deze units een bottleneck is en dus het hele systeem vertraagd.

Figuur 10: Model van het biervulproductiesysteem (He et al 2018)

In tabel 8 staan alle gegevens van de zes verschillende units opgesomd. Bovenaan staan telkens de machines die bij de units horen. Hieronder staan de gegevens, te beginnen met de tijd (in seconden) die nodig is om het proces te observeren. Daarna wordt de downtime berekend, oftewel de tijd dat de machine stilligt door bijvoorbeeld een defect of onderhoud. De nominale snelheid wordt als volgende weergegeven. Dit is de maximale snelheid van de machine, zonder rekening te houden met aftrek van vertragende factoren of omstandigheden. Tenslotte worden nog de totale productie en de niet-gekwalficeerde productie gegeven. Dit laatste zijn het aantal stuks die niet kwalitatief genoeg zijn om te verkopen en dus worden weggegooid of verwerkt moeten worden.

Tabel 8: productiedata (He et al 2018)

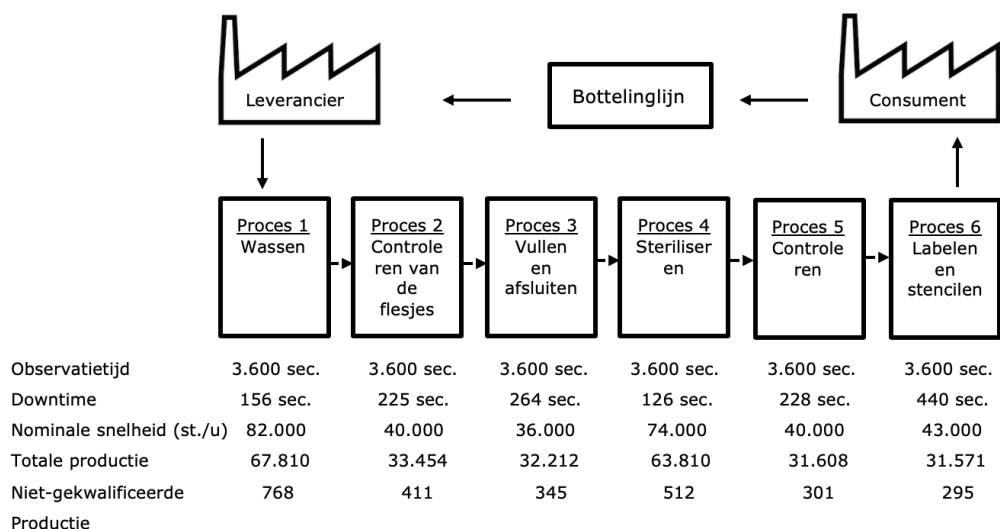
Parameters	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6	
	Wasma- chine	Bottle- checking machine 1	Bottle- checking machine 2	Vulma- chine 1	Capping machine 1	Vulma- chine 2	Capping machine 2
Observatie- tijd (sec.)	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
Downtime (sec.)	156	104	121	66	70	72	56
Nominale snelheid (st./u)	82.000	40.000	40.000	36.000	36.000	36.000	36.000
Totale pro- ductie (stuks)	67.810	33.454	33.245	32.480	32.212	32.514	32.268
Niet-gekwa- lificeerde productie (stuks)	768	411	356	255	324	231	345

Parameters	Unit 4	Unit 5	Unit 6				
	Sterilisatiemachine	Checking machine 1	Checking machine 2	Labeling machine 1	Stenciling machine 1	Labeling machine 2	Stenciling machine 2
Observatietijd (sec.)	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
Downtime (sec.)	126	122	106	116	109	114	101
Nominale snelheid (st./u)	74.000	40.000	40.000	42.000	43.000	42.000	43.000
Totale productie (stuks)	63.810	31.608	31.689	31.862	31.571	31.938	31.640
Niet-gekwalificeerde productie (stuks)	512	301	295	289	292	295	285

5.3 Value Stream Mapping

Zoals reeds gezien moet bij het tweede principe van Lean Management de value stream geïdentificeerd worden. In deze case is VSM toegepast geheel ter aanvulling van de case op basis van eigen inbreng. Op deze manier kan een link gelegd worden tussen de theorie van Lean en OEE aan de hand van deze case. Om de waardenstroom in kaart te brengen, moeten drie stappen voltooid worden. Ten eerste wordt het proces waar zich veel inefficiënties voordoen gekozen als doelwit om verbeteringen op toe te passen. Hier is dat het vullen van de flesjes met bier, aangezien dit het meest complexe en belangrijke onderdeel is van de productie. Op dit moment verliest het bedrijf 2 tot 3 procent door beschadigingen aan de flesjes en door het verlies van bier. Dit is het cijfer van China, de rest van de wereld doet het veel beter met een percentage van 0,5 procent. Bij de tweede stap moet de statuskaart getekend worden die op figuur 11 te zien is. Statuskaart is nodig om Value Stream Mapping toe te passen. Hier worden alle cijfers van de processen op weergegeven, waardoor het een duidelijk overzicht vormt.

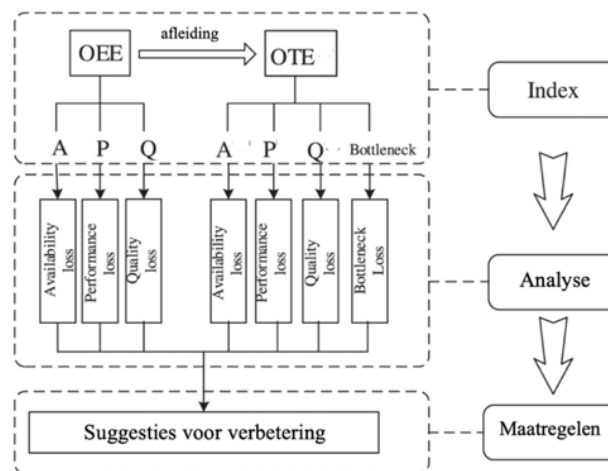
Figuur 11: Statuskaart biervulllijn (eigen inbreng op basis van He et al 2018)



5.4 Berekeningen OEE

Op figuur 12 is te zien hoe dit bedrijf tracht een efficiënt evaluatiesysteem te bekomen. Om te beginnen leggen ze een index vast. Aangezien de efficiëntie op fabrieksniveau gemeten moet worden, houden He et al (2018) niet alleen rekening met de factoren van OEE, maar ook met die van OTE. Op die manier kunnen ook de bottlenecks geïdentificeerd worden. Hierna gaan ze de efficiëntie analyseren op basis van deze twee parameters en tenslotte worden suggesties voor verbetering gezocht. Hiervoor wordt Lean Management toegepast (Kaizen).

Figuur 12: Efficiëntie evaluatiesysteem (He et al 2018)



Zoals in tabel 9 te zien is, produceren 9 van de 14 machine ondermaats. Dit houdt in dat slechts 5 van de 14 machines efficiënt produceren volgens de OEE-maatstaven. Alle machines zijn zeer efficiënt op gebied van beschikbaarheid. Dit betekent concreet dat de machines in het algemeen weinig falingen hebben en weinig tijd verliezen door omschakeling en opstart. De gemeten kwaliteitsefficiënties van de machines scoren in het algemeen goed. Vijf machines doen het hier minder goed, maar deze cijfers liggen niet ver onder het doel. Enkel de prestatie-efficiëntie doet het bijzonder slecht. Geen enkele machine slaagt erin om boven de doelstelling te scoren en het verschil is enorm groot. Dit houdt in dat er veel tijd verloren wordt door een verminderde snelheid van de machine/werknemers. De oorzaak kan echter ook liggen bij het feit dat de werknemers niet altijd correcte opdrachten krijgen doorgegeven waardoor ze vaak niets staan te doen of dat er te veel onderbrekingen zijn.

Om Overall Throughput Effectiveness te bekomen, moet het gemiddelde van OEE per unit berekend worden. Vanuit OTE kan volgende formule gebruikt worden om de bottleneck index te berekenen:

$$OTE_{(i)} R_{th(i)} I_j^n = i + 1 Q_{(i)}$$

De bottleneck index is voor elke unit weergegeven in tabel 9. Hier is te zien dat de index van unit 3 het laagst is. Unit 3 is met andere woorden de bottleneck, waardoor het de volledige productie vertraagd. Frappant is dat de OTE/OEE van unit 3 het hoogst scoort, wat deze unit

het efficiëntst maakt. Dit is echter wel het proces dat het langste duurt en ingekort zou moeten worden om een snellere productie over de hele biervullijn te bekomen.

Tabel 9: Resultaten OEE machines (He et al 2018)

Unit	Machine	A	P	Q	OEE	OTE	BI
1	Was	0,9567	0,8644	0,9887	0,8176	0,8176	63.860
2	Bottle-checking 1	0,9711	0,8612	0,9877	0,8260	0,8242	63.536
	Bottle-checking 2	0,9664	0,8600	0,9893	0,8222		
3	Vul 1	0,9817	0,9190	0,9921	0,8951	0,8862	62.130
	Capping 1	0,9806	0,9125	0,9899	0,8858		
	Vul 2	0,9800	0,9216	0,9929	0,8968		
	Capping 2	0,9844	0,9105	0,9893	0,8867		
4	Sterilisatie	0,9650	0,8936	0,9920	0,8554	0,8554	62.134
5	Checking 1	0,9661	0,8179	0,9905	0,7826	0,7838	62.134
	Checking 2	0,9706	0,8162	0,9907	0,7848		
6	Labeling 1	0,9678	0,7839	0,9909	0,7518	0,7457	62.639
	Stenciling 1	0,9697	0,7572	0,9908	0,7275		
	Labeling 2	0,9683	0,7853	0,9908	0,7534		
	Stenciling 2	0,9719	0,7571	0,9910	0,7292		
Ideaal		0,90	0,95	0,99	0,85		

Om aan te tonen waar deze cijfers vandaan komen, worden op figuur 13 de berekeningen apart aangehaald voor de wasmachine van unit 1. De wasmachine heeft een beschikbaarheidsefficiëntie van 0,9567, wat ruim boven de grenswaarde van 0,90 ligt. Dit cijfer geeft aan dat er weinig verlies is door uitval van de machine. In deze case wordt de beschikbaarheidsefficiëntie berekend door de observatietijd min de downtime en dit geheel te delen door de observatietijd. Deze cijfers zijn terug te vinden in tabel 8 van sectie 5.2. In feite is dit een deling van de geplande productietijd door de werkelijke productietijd.

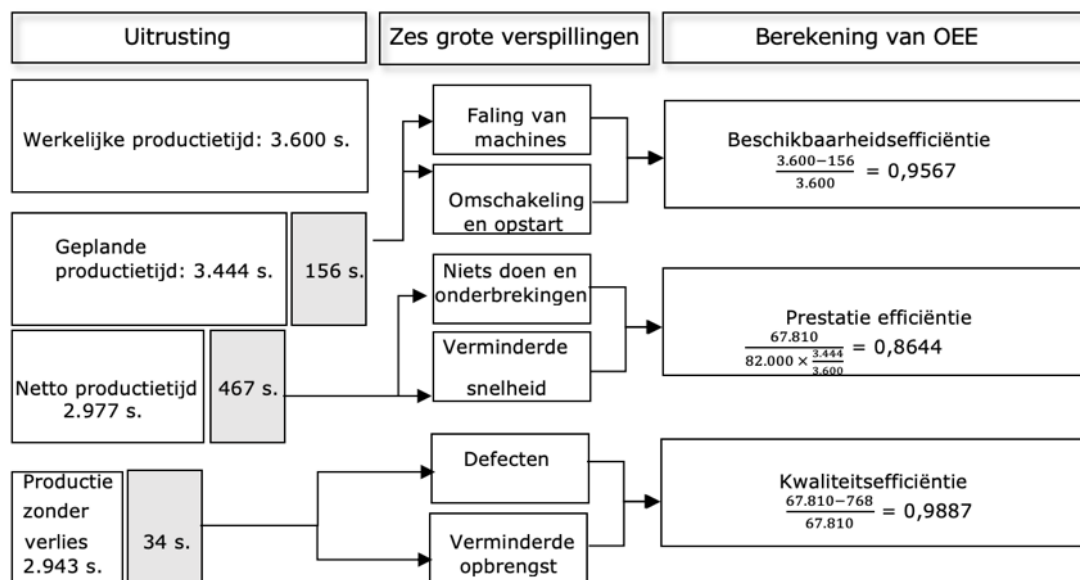
De prestatie efficiëntie ligt op 0,8644 voor de wasmachine, terwijl het idealiter boven 0,95 zou moeten liggen. Dit houdt in dat de machine die de flesjes wast meer dan 8 minuten per uur verspilt door een verminderde snelheid van de machine, onderbrekingen of door het feit dat de machineoperator moet wachten op binnenkomende flesjes. De prestatie efficiëntie wordt berekend door de totale productie te delen door de coëfficiënt van de nominale snelheid en het quotiënt van de uptime (observatietijd min downtime) en de observatietijd.

Tenslotte is er nog de kwaliteitsefficiëntie. Deze bedraagt 0,9887 voor unit 1 terwijl deze parameter een ideale waarde van boven 0,99 zou moeten hebben. Het reële cijfer ligt dicht bij het ideaal, wat inhoudt dat er weinig defecten en verminderde opbrengsten zijn in dit proces. Dit kan berekend worden door de totale productie te verminderen met de niet-gekwificeerde productie en dit geheel te delen door de totale productie.

Aan de hand van de vermenigvuldiging van deze drie parameters, kan afgeleid worden dat de totale OEE voor de eerste machine 0,8176 bedraagt. Dit ligt een stukje lager dan de norm van 0,85. Het betekent dat 18,24 procent van de tijd in het proces verloren gaat aan defecte onderdelen, onderbrekingen en een te trage productiesnelheid. Algemeen gezien doet

dit productiesysteem het minder goed dan het zou moeten. Om de Overall Equipment Effectiveness te maximaliseren, moeten de drie parameters ook gemaximaliseerd worden.

Figuur 13: OEE voor de wasmachine (eigen inbreng op basis van Nakajima, S. 1988 en He et al 2018)



5.5 Educatieve tool OEE

De educatieve tool heeft tot doel om studenten te gidsen doorheen de berekeningen van OEE in de case van He et al (2018). De bedoeling is niet alleen om na te gaan of de machines goed presteren of niet, maar ook om de oorzaak te achterhalen aan de hand van de theorie die kort is aangehaald in de Excel sheet. De tool is te zien op de volgende pagina (figuur 14). De kleurcodes bij elke parameter zijn aangebracht om aan te tonen waar de cijfers afkomstig van zijn om tot het percentage te komen. De data die een oranje kleur hebben gekregen, zijn nodig om de beschikbaarheidsefficiëntie te berekenen. De blauwe kleur hoort bij de prestatie efficiëntie en de gele kleur bij de kwaliteitsefficiëntie.

De gegevens van de machine moeten bovenaan ingevuld worden. De naam van de lijn of cel, de naam van de machine en het proces zijn hier van belang. Deze gegevens staan centraal bovenaan zodat de lezer van het document dadelijk de nodige informatie over de desbetreffende machine kan vinden en aan de zijkant ook het algemene OEE-percentage van de machine.

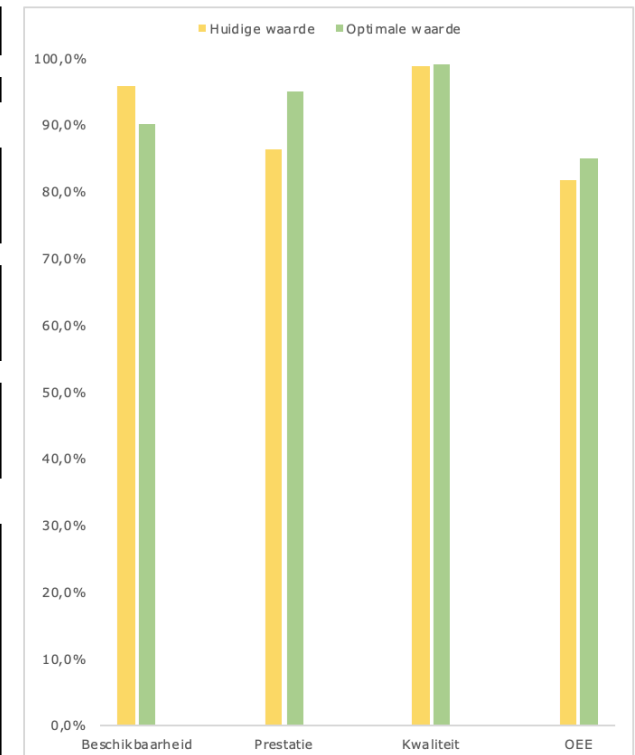
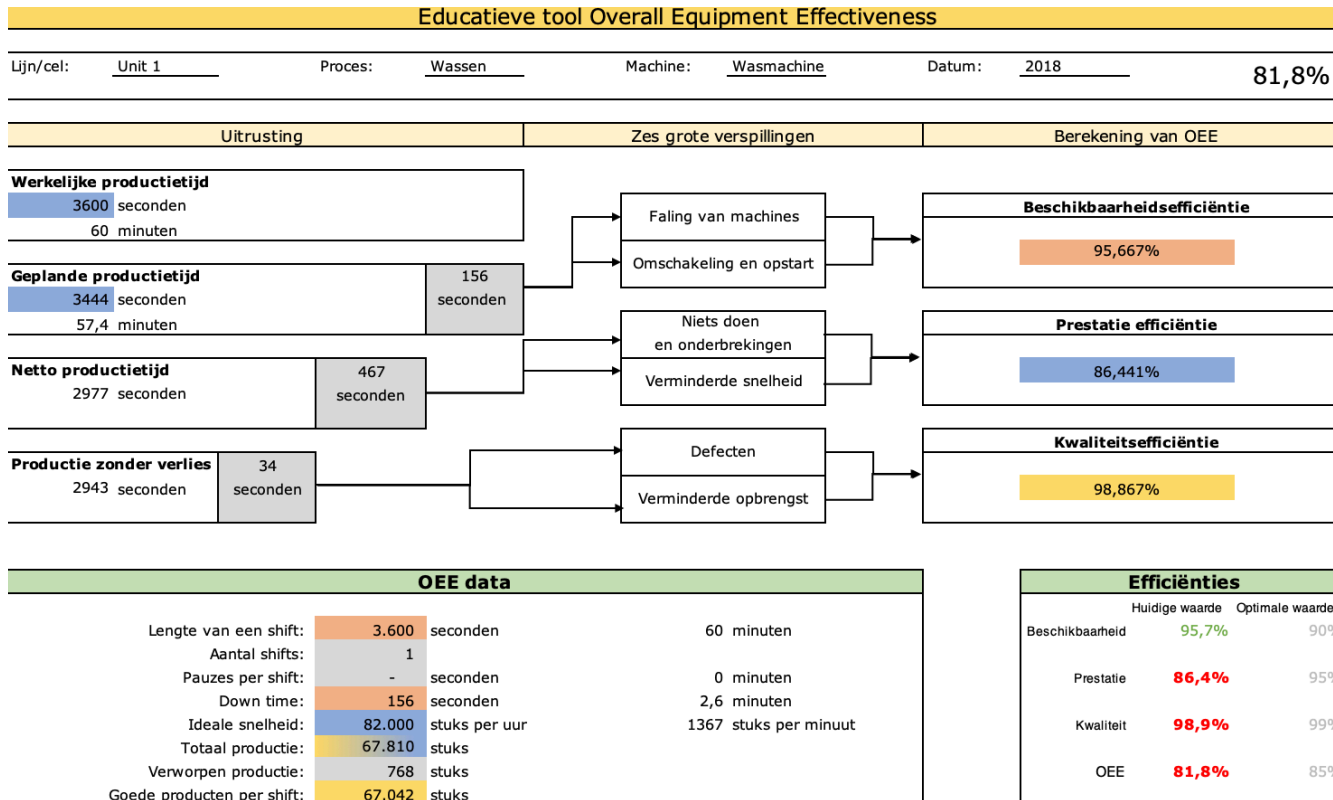
Nadat de gegevens van de machine zijn ingevuld, moet de OEE-data ingegeven worden in de gelijknamige tabel. Hier zijn de volgende gegevens van belang: de lengte van een shift, aantal shiften dat de desbetreffende machine doet, de pauzes die per shift genomen worden, de tijd dat de machine niet kan werken (downtime), de ideale snelheid, de totale productie, de productie die verworpen werd doordat de kwaliteit aan de wensen overliet en tenslotte het aantal goede producten per shift. De eerste vier (buiten het aantal shiften) moeten in seconden ingegeven worden om een exact beeld te verkrijgen. Daarnaast wordt het wel in minuten omgezet om op basis hiervan de parameters te berekenen.

Wanneer deze gegevens ingevuld zijn, worden alle parameters automatisch berekend aan de hand van vooraf ingestelde formules. Het theoretisch model dat in de theorie uitvoerig aangehaald wordt, wordt ook automatisch ingevuld. Aan de linkerkant van de figuur staan de productietijden die aan de hand van de ingevulde data automatisch worden berekend. In het grijze gedeelte van de productietijden staat het aantal seconden dat verloren gaat door inefficiëntie van de machines. Door de pijlen te volgen naar het middelste gedeelte wordt ook duidelijk door welke verspillingen dat dit tijdsverlies geleden wordt. Aan de rechterkant van de figuur staan de parameters die nodig zijn om de Overall Equipment Effectiveness te berekenen. Door telkens de pijlen te volgen, wordt ook duidelijk waar de oorzaak ligt van het verlies.

Rechtsonder in het tabblad staat een overzicht van de efficiënties van de machine. Hier wordt een onderscheid gemaakt tussen de huidige waarde van elke parameter en de optimale waarde. Wanneer het berekend percentage onder de optimale waarde ligt, kleurt het cijfer rood aangezien hier aandacht aan besteed moet worden om deze waarde te verbeteren. Als het percentage boven de optimale waarde ligt, kleurt het cijfer groen en weet het bedrijf ook dat ze op deze parameter goed scoren. De kleuren zijn ingesteld aan de hand van voorwaardelijke opmaak zodat deze automatisch aangepast worden aan het resultaat.

Tenslotte staat volledig rechts een grafiek waarbij de huidige waarden geel kleuren en de optimale waarden groen. In een ideaal scenario zouden de gele waarden telkens de groene waarden moeten overstijgen, maar onder 100 procent blijven.

Figuur 14: Educatieve tool OEE (eigen inbreng)



5.6 Conclusies en inzichten case

Uit deze case kan geconcludeerd worden dat de uitrusting van de biervullijn ondermaats presteert. De beschikbaarheid is voor alle machines in orde. Dit houdt in dat er weinig omschakelen en opstarttijden zijn en dat de uitrusting weinig falingen vertoont. De kwaliteit en prestaties zijn echter minder goed. Vooral de prestaties van de uitrusting zijn ondermaats. Dit kan te wijten zijn aan de managementproblemen die in tabel 7 besproken werden. Wanneer er namelijk geen goede planning opgesteld wordt, onderhoud van de machines te weinig gebeurt en het management niet over de juiste informatie beschikt, ligt de machine te vaak stil en is er een verminderde snelheid van het proces. Belangrijk om mee te geven aan dit bedrijf is dat ze eerst aan de managementproblemen moeten werken en dat de managers eventueel een Lean opleiding volgen zodat ze weten hoe ze de processen efficiënter kunnen maken. Zo wordt het probleem in de kern aangepakt en lopen alle andere inefficiënties ook beter.

Door ook de Overall Throughput Effectiveness te berekenen, wordt duidelijk dat unit 3 de bottleneck is. Op de statuskaart (VSM) is te zien dat dit proces ook de laagste nominale snelheid heeft. Wanneer de Bottleneck Index berekend is aan de hand van OTE, kunnen deze uitkomsten vergeleken worden met de statuskaart om een controle uit te voeren.

Zoals gezien bij het vierde principe van Lean Management moet ervoor gezorgd worden dat de processen vraaggestuurd werken. Het toepassen van het Kanban-systeem zou hier efficiënt kunnen zijn aangezien het werk hierdoor gevisualiseerd wordt en er minder wachttijden tussen processen zijn. Er gaat dan bijvoorbeeld enkel werk door naar het volgende proces indien er hier vraag naar is. Zo worden de goederen in bewerking ook verminderd. Aangezien het een repetitief proces is en dus weinig variabiliteit nodig is, kan best geopteerd worden voor een gewoon Kanban-systeem.

6 Conclusies en inzichten

In deze thesis is gezocht naar de basis van Overall Equipment Effectiveness, de link met Lean Management en de toepasbaarheid in de praktijk. Hiervoor is een kwalitatief onderzoek gedaan naar de theorie van OEE en Lean Management. Daarna werd een link gelegd tussen beide begrippen. Tenslotte volgde nog een onderzoek naar de toepasbaarheid in de praktijk op basis van de case op de biervullijn van een brouwerij in China (He et al 2018). Om deze case bij te staan, is een educatieve tool ontworpen zodat Overall Equipment Effectiveness makkelijker te begrijpen is voor de lezer.

Uit de literatuurstudie is gebleken dat bedrijven tegenwoordig zeer kapitaalintensief zijn aangezien meer en meer processen geautomatiseerd worden. Hierdoor wordt het steeds belangrijker dat deze machines efficiënter werken. Hoe meer machines, hoe meer tijd er namelijk verloren wordt als deze niet op punt staan. De maatstaf om de efficiëntie van de uitrusting na te gaan, die in deze thesis bestudeerd werd is Overall Equipment Effectiveness. OEE is een parameter die gebruikt kan worden binnen Lean Management, aangezien het kan meten waar verspilling voorkomt bij de machines. Uit de thesis is echter gebleken dat OEE niet als enige maatstaf binnen het bedrijf gebruikt mag worden omdat het niet de strategie, stroomoriëntatie en externe effectiviteit meet. Daarnaast focust het enkel op de individuele machines en kijkt het dus niet naar het geheel aan middelen die het bedrijf ter beschikking heeft. Zoals gezien

bij de valkuilen bij de implementatie, kan best ook gebruik gemaakt worden van Overall Throughput Effectiveness. Deze maatstaf maakt berekeningen op fabrieksniveau, waardoor het ook bottlenecks kan opsporen. Een andere belangrijke beperking van OEE is dat het geen aandacht heeft voor andere factoren in de productieomgeving die invloed kunnen hebben op de prestaties van een machine, proces of productielijn. Om deze beperking in te vullen, is de uitbreiding Overall Resource Effectiveness bedacht. Zo kunnen de algehele prestaties van een machine of proces geëvalueerd worden. De belangrijkste beperking van OEE is echter dat het geen rekening houdt met de vraag. OEE is ontwikkeld om een zo hoog mogelijk efficiëntie van de machines te bekomen. Wanneer de vraag dan laag is, is het doel van de maatstaf nog steeds dat de machine zo goed mogelijk presteert. Dit zorgt voor overproductie, wat in strijd is met Lean Management. Hiervoor is echter ook een oplossing gezocht, namelijk de takt time in de formule van prestatie efficiëntie opnemen.

Naast overproductie, zijn er nog een aantal verspillingen van Lean Management die niet terug te vinden zijn bij Overall Equipment Effectiveness. Zoals overprocessing en overtollige bewegingen, waarbij er meer wordt gedaan dan de klant verwacht en de lay-out van het magazijn niet optimaal is waardoor werknemers continu moeten zoeken naar onderdelen. Beide verspillingen moeten geëlimineerd worden bij Lean Management, maar worden bij OEE niet benoemd. Idem voor de voorraad, wat voor Muda zorgt wanneer de geplande stock wordt overschreden. Bij OEE wordt hier echter opnieuw geen aandacht aan besteed waardoor er bij overproductie de voorraad zich blijft opstapelen.

Kort samengevat kan dus gesteld worden dat Overall Equipment Effectiveness een belangrijke maatstaf is binnen Lean Management. Het mag echter zeker niet als enige parameter gebruikt worden omdat het op een aantal gebieden nog tekortschiet. Er zijn duidelijke overeenkomsten tussen beide concepten en ze gaan ook voor hetzelfde doel, namelijk efficiënter produceren met oog op continue verbetering binnen het bedrijf.

Een suggestie in verband met verder onderzoek is om ook een casestudie te doen naar een productiebedrijf in Europa. In deze thesis is enkel onderzoek gedaan naar de OEE van een brouwerij in Azië. Aangezien beide continenten veel verschillen op gebied van bedrijfscultuur en werking, kan het nuttig zijn om eenzelfde casestudie te doen maar dan in een Europees en eventueel ook een Amerikaans bedrijf.

7 Dankwoord

Na een intensief schooljaar is het zover. Met het schrijven van dit dankwoord wordt de laatste hand gelegd aan deze thesis. Het was een periode waarin ik veel heb geleerd, op wetenschappelijk gebied, maar ook op persoonlijk vlak. Ik wil graag van de gelegenheid gebruik maken om de mensen die mij de afgelopen periode enorm hebben gesteund en geholpen te bedanken. Zonder hen was het mij namelijk niet gelukt.

Eerst en vooral zou ik graag mijn promotor, Prof. Dr. Inneke Van Nieuwenhuysse, willen bedanken voor haar uitstekende begeleiding tijdens het opstellen van dit werk. Haar opbouwende kritiek, deskundige kennis en ervaring hebben een duidelijke meerwaarde betekend. Heel erg bedankt voor uw geduld met mij.

Daarnaast wil ik mijn ouders bedanken voor hun onuitputtelijke geduld en het luisterende oor. Zonder hun steun, was de realisatie van deze thesis niet mogelijk geweest. Ook het meermaals nalezen en controleren hebben ervoor gezorgd dat ik de masterproef tot een goed einde heb gebracht.

Tenslotte wil ik mijn vriend en vriendinnen bedanken voor de steun en het luisterend oor dat zij mij geboden hebben. Hun geduld en kalmerende woorden zorgden ervoor dat ik nooit heb opgegeven. We konden altijd praten over onze problemen, bevindingen, maar gelukkig ook over iets anders praten dan alleen die scriptie.

Lieve allemaal, heel erg bedankt!

Bibliografie

- Abdulmaleka, F., Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*.
- Aminuddin, N., Garza-Reyes, J., Kumar, V., Antony, J., Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*.
- Arbulu, R.J. (2006). Application of pull and CONWIP in construction production systems.
- Ball, P. (2015). Low energy production impact on lean flow. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Bamber, C.J., Castka, P., Sharp, J.M., Motara Y. (2003). Cross-functional team working for Overall Equipment Effectiveness (OEE), *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Braekers, K. (2017). Introduction to logistics. Universiteit Hasselt.
- Braglia, M., Carmignani, G., Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*.
- Braglia, M., Frosolini, M., Francesco, Z. (2009). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line. *Journal Of Manufacturing Technology Management*.
- Boyle, T. A., Scherrer-Rathje, M. (2009). An empirical examination of the best practices to ensure manufacturing flexibility. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Carvalho, H., Govindan, K., Azevedo, S., Cruz-Machado, V. (2017). Modelling green and lean supply chains: An eco-efficiency perspective. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Dal, B., Tugwell, P., Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Dave, Y., Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies. *Journal of Lean Thinking*.
- Douglas, J., Antony, J., A. (2015). Waste identification and elimination in HEIs: the role of lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Faulkner, W., Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*

- Ferenhof, H., Da Cunha, A., Bonamigo, A., Forcellini, F. (2018). Toyota Kata as a KM solution to the inhibitors of implementing lean service in service companies. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*.
- Fraze, T., Standridge, T. (2013). CONWIP versus POLCA: a comparative analysis in a High-Mix, Low Volume (HMLV) manufacturing environment with batch processing. *Journal of Industrial Engineering and Management*.
- Garza-Reyes, J.A. (2015). From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Gibbons, M., Burgess, C. (2010). *International Journal of Lean Six Sigma*. Bingley.
- Hall, R. (1981). *Driving the productivity machine: production planning and control in Japan*. American Production and Inventory.
- Hansen, R. C. (2002). *Overall Equipment Effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits*. Industrial Press.
- He, F., Shen, K., Lu, L., Tong, Y. (2018). Model for improvement of Overall Equipment Effectiveness of beer filling lines. *Advances in Mechanical Engineering*.
- Hines, P., Holwe, M., Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Hopp, W., Spearman, M. (2000). *Factory physics*. McGraw-Hill Education - Europe.
- Indrawati, S., Mentari, E., Sunaryo, P., Azzam, A. (2018). The effectiveness of Single Minute Exchange of Dies for lean changeover process in printing industry. *Les Ulis: EDP Sciences*.
- Krafcik, John F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*.
- Lacerda, A., Xambre, A., Alvelos, H. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*.
- Leonardo, D., Sereno, B., da Silva, D., Sampaio, M., Massote, A., Simões, J. (2017). Implementation of hybrid Kanban-CONWIP system: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Lesshammar, M., Jonsson, P. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Mainea, M., Duta, L., Patric, P., Caciula I. (2010). A method to optimize the Overall Equipment Effectiveness. *Preprints of the Production and Logistics Conference*.
- Manea, D. (2013). Lean production - concept and benefits. *Review of General Management*.
- McKellen, C. (2004). Takt time and standard operating procedures. *Production Management*.
- McKone, K., Schroeder, G., Cua, K. (1999). Total Productive Maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management*.
- Muchiri, P., Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*.
- Muthiah, K., Huang, S. (2006). Overall Throughput Effectiveness (OTE) metric for factory-level performance monitoring and bottleneck detection. *Int J Prod Res*.

- Muthiah, M., Huang, H., Mahadevan, S. (2008). Automating factory performance diagnostics using overall throughput effectiveness (OTE) metric. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*
- Nakajima, S., Nakamura, K. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Olsen, D. (2015). *The lean product playbook*. Wiley.
- Pattanaik, L.N., Sharma, B.P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. *Int J Adv Manuf Technol.*
- Pettersen, J., Segerstedt, A. (2009). Restricted work-in-proces: a study of differences between Kanban and CONWIP. *International Journal of Production Economics*.
- Pinto, M. M. O., Goldberg, D. J. K., Cardoso, J. S. L. (2017). Benchmarking operational efficiency of port terminals using the OEE indicator. *Maritime Economics & Logistics*.
- Puvanasvaran, P., YS, T., & CC, T. (2013). Consideration of demand rate in overall equipment effectiveness (OEE) on equipment with constant process time. *Journal of Industrial Engineering and Management*
- Rania A.M. (2013). A model for applying lean thinking to value creation. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Ranteshwar, S., Dhaval, B., Ashish, G., Miles, S. (2013). Overall Equipment Effectiveness (OEE) calculation - automation through hardware & software development. *Procedia Engineering*.
- Taylor, D., Brunt, D. (2002). *Manufacturing operations and supply chain management: the lean approach*. Thomson.
- Vandaele, N., Van Nieuwenhuysse, I., Claerhout, D., Cremmery, R. (2008). Load-Based POLCA: an integrated material control system for multiproduct, multimachine job shops. *Manufacturing & Service Operations Management*.
- Van Goubergen, D. (2010). OEE: The good, the bad and the ugly (lean and OEE). *IIE Annual Conference*.
- Womack, J., Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.