



CHALMERS



Effektivitetsarbete i en containerhamn

- En metod för OEE-mätning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

CARL-JOHAN HAMMARSTEDT

CHRISTOFFER SIMONSSON

Institutionen för Teknikens Ekonomi och Organisation

Supply and Operations Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2019

Examensarbete: E2019:094

Rapport nr. E2019:094

Effektivitetsarbete inom containerhamnsmiljö

- En metod för att göra OEE-mätningar

CARL-JOHAN HAMMARSTEDT
CHRISTOFFER SIMONSSON

Handledare: Peter Olsson

Examinator: Peter Olsson

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Supply and operations management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2019

Effektivitetsarbete inom containerhamnsmiljö
- En metod för att göra OEE-mätningar
CARL-JOHAN HAMMARSTEDT
CHRISTOFFER SIMONSSON

© CARL-JOHAN HAMMARSTEDT & CHRISTOFFER SIMONSSON, Sverige, 2019

Examensarbete E2019:094

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Supply and operations management

Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Översiktsbild av APM Terminals i Göteborg © APM Terminals

Chalmers digitaltryck
Göteborg, Sverige 2019

Förord

Examensarbetet omfattar 15 hp och har utförts under våren 2019. Det är skrivet inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik vid Chalmers tekniska högskola på avdelningen Supply and Operations Management. Studien har utförts på företaget APM Terminals i Göteborg.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Peter Olsson vid Chalmers Tekniska Högskola för hans engagemang och ärlighet. Han har bidragit med konstruktiv feedback, både innehållsmässigt och språkligt vilket varit oerhört uppskattat under arbetets gång.

Författarna vill även tacka Ida Engqvist och Jasmin Mujdzic på APM Terminals för möjligheten och förtroendet att utföra studien på företaget. Utan deras stöd som handledare och diskussionspartners under arbetsprocessen hade detta examensarbete inte varit möjligt. Ett stort tack riktas även till personalen på APM Terminals för deras engagemang och kunskap.

Carl-Johan Hammarstedt & Christoffer Simonsson
Göteborg, juni 2019

Measuring efficiency in a container port terminal

- A method for performing OEE-measurements

CARL-JOHAN HAMMARSTEDT & CHRISTOFFER SIMONSSON

Department of Technology Management and Economics

Division of Supply and Operations Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This study has been performed at APM Terminals in Gothenburg. APM Terminals operates a container port facility which places high demands on efficient equipment and processes. This is because the vessels' have tight time schedules and handling of the containers must take place within the agreed time frame. In order to develop the business and achieve higher efficiency on technical equipment, a thorough follow-up of operations is required to identify disturbances and stops in production. To measure equipment efficiency, APM Terminals uses OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE is a measurement that is based on the the equipment's availability, efficiency and quality of the products produced.

The aim of the study was to investigate APM Terminals current method for OEE measurements, and then to try to improve the method with regard to user-friendliness, scalability and time. A theoretical framework with regard to OEE has been established through literature studies. A thorough description of the current situation has been developed through empirical research that included document collection, interviews and observations. By comparing the theoretical framework and the current situation description, the problems that exist with APM Terminals current method have been analyzed. Based on this analysis, improvement proposals have been worked out.

There were several problems with APM Terminals current method. Most of these problems can be related to the number of measurement codes used in their method. The study presents recommendations for reducing the number of measuring codes. This leads to an improvement of the analysis possibilities since a smaller number of measuring codes opens up for faster analysis. Other examples of recommendations are that APM Terminals should investigate whether OEE is the best way to measure effectiveness in a container port environment.

SAMMANFATTNING

Denna studie har genomförts på APM Terminals i Göteborg. APM Terminals bedriver en containerhamnsverksamhet vilket ställer höga krav på effektiv utrustning och processer. Detta då fartygens tidsscheman är hårt pressade och hantering av containrarna måste ske inom avtalad tidsram. För att kunna utveckla verksamheten och uppnå högre effektivitet på teknisk utrustning krävs en gedigen driftsuppföljning för att identifiera störningar och stopp i produktionen. För att mäta utrustningseffektiviteten använder APM Terminals verktyget OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE är ett tal som beror på utrustningens tillgänglighet, effektivitet och kvaliteten på produkterna.

Studiens syfte var att undersöka APM Terminals nuvarande metod för OEE-mätningar, för att sedan försöka förbättra metoden med avseende på användarvänlighet, skalbarhet och tidsåtgång. Ett teoretiskt ramverk med avseende på OEE har tagits fram genom litteraturstudier. En grundlig beskrivning av nuläget har tagits fram genom empirisk undersökning som innehöll dokumentinsamling, intervjuer och observationer. Genom jämförelse av det teoretiska ramverket och nulägesbeskrivningen har de problem som finns med APM Terminals nuvarande metod analyserats. Utifrån denna analys har förbättringsförslag arbetats fram.

Det fanns flertalet problem med APM Terminals nuvarande metod. De flesta av dessa problem kan relateras till antalet mätkoder APM Terminals använde i sin metod. Studien presenterar rekommendationer för att minska antalet mätkoder. Detta leder även till en förbättring av analysmöjligheterna då ett mindre antal mätkoder leder till möjligheterna att göra analysen snabbare. Andra exempel på rekommendationer är att APM Terminals bör undersöka om OEE är rätt arbetssätt att använda i en containerhamnsmiljö.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. TEORI	5
2.1 TPM - Total Productive Maintenance	5
2.1.1 Driftsuppföljning	6
2.1.2 Operatörsunderhåll	7
2.1.3 Förbättringsgrupper	8
2.2 OEE (Overall equipment effectiveness)	9
2.2.1 De sex stora förlusterna	9
2.2.2 Mätetalet OEE	10
2.2.3 Förluster som påverkar tillgängligheten	13
2.2.4 Förluster som påverkar operationseffektiviteten	16
2.2.5 Förluster som påverkar kvalitetsutbytet	17
2.2.6 Mätning av OEE i praktiken	17
2.2.6 Analyser av OEE mätningar	19
2.2.7 OEE i världsklass	22
2.2.8 Tillämpningar av OEE	22
2.3 Begränsningar hos OEE	23
2.4 Teoretisk referensmodell	23
3. METOD	25
3.1 Arbetsgång	25
3.2 Problemidentifiering	26
3.3 Litteraturstudie	26
3.4 Datainsamling	26
3.4.1 Intervjuer	27
3.4.2 Dokumentundersökning	28
3.4.3 Observationer	28
3.5 Analys och rekommendationer	28
4. NULÄGESANALYS	29
4.1 Företagsbeskrivning	29
4.2 Maskiner och utrustning på terminalen	30
4.2.1 Grensletruck	30
4.2.2 Ship-to-shore kran	31

4.2.3 Andra maskiner i terminalen.....	32
4.2.4 Container	32
4.3 Arbetsgång på terminalen	33
4.3.1 Fartyg.....	33
4.3.2 Järnväg.....	34
4.3.3 Mottagningsparker.....	34
4.4 Nuvarande mätförfarande	35
4.4.1 Bakgrund	35
4.4.2 Mätningen.....	35
4.4.3 Mätcykel	39
4.4.5 Beräkningen av OEE	41
4.4.6 Visualisering.....	42
4.5 APM:s uppfattning om problemen med nuvarande mätmetod	43
4.6 APM:s modell för OEE.....	44
5. ANALYS	45
5.1 Mätförfarande.....	45
5.1.1 Nuvarande mätförfarande	45
5.1.2 Manuell mätning.....	45
5.1.3 Halvautomatisk mätning	46
5.1.4 Helautomatisk mätning.....	48
5.1.5 Mätetalen	48
5.1.6 Modell för OEE-beräkning i containerhamnsmiljö	50
5.2 Mätkoder.....	51
5.2.1 Analys av nuvarande mätkoder.....	51
5.2.2 Rekommenderade mätkoder	53
5.3 Analys av en OEE-mätning	55
5.4 Visualisering av en OEE-mätning	56
6. SLUTSATSER & DISKUSSION	57
6.1 Slutsats	57
6.2 Resultatreflektion.....	58
6.3 Metodreflektion.....	59
6.4 Förslag på vidare studier	59
REFERENSER.....	60
Bilaga 1 – Teknisk information, grense och kran	
Bilaga 2 – Exempelmall för manuella mätningar	

1. INLEDNING

I detta inledande avsnitt presenteras bakgrund, syfte, precisering av frågeställningen samt vilka avgränsningar som finns för att klargöra studiens omfattning.

1.1 Bakgrund

Den ökande globaliseringen ställer höga krav på transportörer och på smarta logistiklösningar. Idag transporteras över 90% av världens handel med båt enligt Förenta Nationerna (FN) där mer än 70% består av gods förvarat i containrar (FN, 2019). Detta medför enorma affärsmöjligheter för hamnterminaler och kraven på effektiv hantering för av och pålastning av fartyg är därför höga.

Tidsschemat för fartygen är hårt pressat då det är långa sträckor som fartygen färdas och all hantering måste ske inom avtalad tidsram för att undgå kortskeppning. Kortskeppning innebär att gods lämnas kvar på kaj eller fartyg vilket leder till extra avgifter och missnöjda kunder. Det pressade tidsschemat ställer höga krav på den tekniska utrustningen och processerna i hamnarna då låg utnyttjandegrad på teknisk utrustning och ej optimerade processer snabbt kan bli kostsamma för företagen. Detta är områden som bör prioriteras för att företagen skall kunna vara konkurrenskraftiga på en ständigt föränderlig marknad. För att kunna utveckla verksamheten och uppnå högre effektivitet på teknisk utrustning krävs en gedigen driftsuppföljning för att identifiera störningar och stopp i produktionen. För att mäta effektiviteten på olika typer av maskiner och utrustning är OEE (Overall Equipment Effectiveness) ett väl beprövat verktyg.

Maersk Line innehar världens största flotta av containerfartyg mätt i TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) kapacitet och APM Terminals, som ingår i samma koncern, är världens tredje största marina terminaloperatör mätt i marknadsandelar (Statista, 2017; Statista, 2019).

Denna studie har genomförts på APM Terminals i Göteborg (APM). Som Skandinavians största containerhamn med över 60 procent av Sveriges containerhantering satsar APM på att effektivisera sina flöden både till sjöss och på land för att vinna marknadsandelar. Hamnen i Göteborg är den enda i Sverige som kan ta emot så kallade Mega-Ships, som kan lasta över 19 000 TEU. Från hamnen nås 70 procent av Sveriges industrier inom 500 km samt Stockholm, Köpenhamn och Oslo inom 6 timmar. Arbetet i hamnen delas in i tre huvudområden, över kaj, godståg och lastbilar. Hantering över kaj sker med så kallade STS-kranar (Shore-to-Ship) och över tåg med RMG-kranar (Rail Mounted Gantry). Transporten inom hamnen, mellan de olika områdena sker främst med så kallade grensletruckar, Straddle Carrier (SC), och dessa ses som navet i verksamheten.

I dagsläget skall APM genomföra en OEE-mätning per år på kranar och maskiner i alla sina hamnverksamheter, inklusive Göteborg. Beslutet om årliga OEE-mätningar kommer från huvudkontoret i Haag, men det finns även ett stort lokalt intresse för OEE-mätningar. Mätningarna skall utföras för att lyfta fram slöserier och störningar och därigenom lokalisera förbättringspotentialer. Resultatet av dessa mätningar skall användas som underlag för förbättringsprojekt, underhållsplanering och skall möjliggöra benchmarking mellan andra hamnar inom företaget.

Ett av de problem som APM ser med sin nuvarande metod är att den är för omfattande gällande personal, tidsåtgång och antal parametrar. Vid föregående mätning utförde interna tjänstemän observationerna vilket medförde att det gjordes en del felmätningar då observatören ej var van vid produktionsmiljön. Dessa felmätningar leder till tveksamheter hos de personer som skall använda OEE-mätningen som beslutsunderlag.

Tiden för föregående mätning var dygnet runt under fem dagar vilket medförde att det krävdes mycket resurser. Tidsperioden och det höga antalet parametrar som skulle registreras resulterade i ett stort antal mätpunkter. Enligt APM leder detta till ytterligare ett problem då många mätpunkter medför att efterarbetet uppfattas som omfattande och omständligt. Detta gör att resultatet från mätningen inte används då det tar lång tid att analysera data och ta fram resultatet.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att ta fram ett förslag på en enklare metod för OEE-mätningar på kranar och maskiner i en containerhamnsmiljö. Denna enklare metod skall innebära att det krävs mindre personalresurser, att metoden är enklare att använda samt att metoden går att skala upp och ner.

1.3 Avgränsningar

Studien har begränsats till att endast omfatta APM Terminals containerhamn i Göteborg. Vidare ingår ej en fullständig OEE-mätning i studien.

1.4 Precisering av frågeställningen

För att precisera syftet har följande frågeställningar formulerats:

- Vad är OEE och hur används det?

Genom att studera teori som behandlar vilka krav som ställs på en OEE-mätning och vilka begränsningar det finns har en teoretisk referensram tagits fram.

- Hur ser APM Terminals nuvarande metod ut för OEE-mätningar?

Genom intervjuer och dokumentundersökning har en nulägesbeskrivning av APM:s befintliga metod för OEE-beräkningar tagits fram. Denna nulägesbeskrivning låg till grund för analysen av APM:s nuvarande metod.

- Vilka problemområden finns med APM Terminals nuvarande metod?

Genom att analysera nulägesbeskrivningen har problemen med APM:s nuvarande metod för OEE-mätning tagits fram.

- Hur kan APM Terminals nuvarande arbetsätt gällande OEE-mätningar förbättras med avseende på användarvänlighet, skalbarhet och tidsåtgång?

Utifrån den analys som gjorts i tidigare frågeställningar har en metod tagits fram som löser de problem som framkommit. Vidare har denna metod anpassats med avseende på användarvänlighet, skalbarhet och tidsåtgång.

2. TEORI

I detta kapitel presenteras den teoretiska referensram som ligger till grund för studien.

2.1 TPM - Total Productive Maintenance

Utvecklingen under de senaste decennierna har lett till stora maskinella förbättringar som underlättar och hjälper företag att nå produktivitetstal som tidigare ej var möjligt. Med denna tekniska utveckling är det lätt att tänka att arbetet blir mycket enklare och att utrustningens högsta potential är lätt att uppnå. Detta leder till att företag ofta glömmer bort att det är människor som styr utrustningen och att miljön som arbetet utförs i inte alltid har optimala förutsättningar. Det finns många nya aspekter som måste tas i beaktning när arbetet inte längre enbart utförs manuellt. Låg utnyttjandegrad på teknisk utrustning och ej optimerade processer är områden som bör prioriteras för att företagen idag skall kunna vara konkurrenskraftiga på en ständigt utvecklande marknad.

Efter andra världskriget var Japans infrastruktur och industri hårt drabbad och behovet av effektivare fabriker som kunde hjälpa dem tillbaka var stort. För att kunna konkurrera med de amerikanska företagen krävdes högre kvalitet på deras produkter vilket ledde till att japanska företagsledare tog hjälp av framstående amerikanska experter som Edwards Deming för att lära sig mer om kvalitetsaspekten, management-tekniker och underhåll (Ljungberg, 2000).

Det som idag kallas TPM (Total Productive Maintenance) har successivt vuxit fram från de amerikanska koncepten med förebyggande underhåll som anammades inom Japansk industri under 1950-talet och utvecklingen kan beskrivas i fyra stadier (Nakajima, 1992):

- Kör till haveri
- Förebyggande underhåll (FU)
- Produktivt underhåll (PM)
- Totalt produktivt underhåll (TPM)

Tabell 2.1. Förhållande mellan förebyggande underhåll, produktivt underhåll och TPM, fritt efter Nakajima (1992).

Beskrivning	FU	PM	TPM
Lönsamt underhåll i förebyggande syfte	X	X	X
Underhållsplan för maskinens hela livslängd upprättas och förbättring av maskinens underhållsmässighet		X	X
Självständigt underhåll av operatörer och förbättringsgrupper			X

Det som skiljer produktivt underhåll från de tidigare stadierna är att det innefattar även underhållsprevention och förbättring av underhållsmässighet.

Japanerna insåg att maskinoperatörerna behövde vara delaktiga i underhållsarbetet så att det kunde ske på daglig basis utan att störa produktionen. Detta samt andra aspekter som arbete i mindre grupper och förbättringsgrupper särskiljer TPM från de tidigare stadierna.

Enligt Nakajima (1992) definieras TPM av följande fem kriterier:

- TPM syftar till att maximera utrustningens totala effektivitet
- TPM anlägger ett grundligt underhållssystem för utrustningens hela livslängd
- TPM implementeras av olika avdelningar
- TPM omfattar varje enskild anställd, från högsta verkställande ledning till arbetarna på golvet
- TPM är baserad på att främja produktivt underhåll genom motivation management: aktiviteter i självständiga grupper.

TPM är ett koncept som fokuserar på att utveckla och förbättra företagets förädlade processer, att höja kapacitetsutnyttjandet hos utrustningen och skall genomsyra hela organisationen inklusive personalen.

Det finns enligt Ljungberg (2000) tre grundpelare i TPM:

- Driftsuppföljning
- Operatörsunderhåll
- Förbättringsgrupper

2.1.1 Driftsuppföljning

Driftsuppföljning är den centrala delen i arbetet med TPM och kan beskrivas som grunden för förbättringsgruppernas arbete. Utförliga analyser av processer och störningar krävs för att kunna förbättra och kontinuerliga uppföljningar av maskiner ligger till grund för dessa analyser. Grundtanken med driftsuppföljning är enligt Ljungberg (2000 s. 37) "Det du inte mäter kan du inte styra, och det du inte kan styra kan du inte heller förbättra". Det krävs att analyserna är detaljerade för att företaget skall vara medveten om vilka brister som finns och vilka störningar som uppstår för att kunna förbättra dessa.

Kontinuerliga mätningar av maskinstörningar är enligt Ljungberg (2000) viktigt för att:

- Kunna utnyttja resurserna rätt och planera in drift och underhåll för att maximera dess kapacitet
- Kunna fokusera på en specifik typ av störningar och kunna se hur åtgärderna påverkar
- Ge en gemensam bild av problem som finns i produktionen till hela organisationen
- Personalen som arbetar med maskinerna skall utveckla sin förståelse för störningarna som uppstår.

2.1.2 Operatörsunderhåll

För att uppnå ökad utrustningseffektivitet och en produktion fri från störningar krävs ett gediget operatörsunderhåll vilket anses vara ett särdrag för TPM (Nakajima, 1992). Det är inom TPM viktigt att utnyttja den faktiska tid som operatören spenderar vid maskinen till att utföra underhåll, även om många chefer anser det vara en förlust av produktionstid. En effektiv produktion förutsätter enligt Ljungberg (2000) att produktions- och underhållspersonalen har ett tätt samarbete där rollfördelningen är tydlig. I ett optimalt tillstånd utför operatören allt underhåll som inte kräver specialkompetens och underhållspersonalen kommer in där det behövs. Särskilt belyses vikten av att implementera operatörsunderhåll som en del i TPM för att undvika att operatören ser det som enbart ännu en arbetsuppgift och utför arbetet endast för att de måste och utan engagemang. För att detta skall fungera krävs motivation, utbildning och en stödjande företags- och ledarkultur (Ljungberg, 2000).

Innan det självständiga operatörsunderhållet kan införas bör en upprensning av fabriken utföras. Ett verktyg som är vanligt inom TPM och även Lean Production är 5S. 5S utvecklades på Toyota i Japan och kan beskrivas som ett verktyg där slöserier och problem lyfts fram genom att få "Ordning och reda" i fabriken för att på ett så effektivt sätt som möjligt standardisera och skapa bra förutsättningar inför framtida förbättringsarbete (Ljungberg, 2000; Nakajima, 1992).

5S-metoden bygger på fem ord som alla börjas på S och beskrivs av Nakajima (1992) såhär:

1. Sortera - Vilka material behövs och vad kan avlägsnas från arbetsplatsen
2. Systematisera - Varje sak har sin optimala plats
3. Städa - Grundlig städning där orsaker till nedsmutsning kartläggs och åtgärdas
4. Se till - Se till att tidigare steg bibehålls
5. Standardisera - Ansvarsområden och ramverk bestäms, checklistor upprättas



Figur 2.1: 5S

Genom att arbeta med 5S menar Ljungberg (2000) att följande effekter uppstår:

1. Minskad skaderisk
2. Maskiner och utrustning får ett bättre underhåll
3. Slöseri minskar eller elimineras genom att reducera:
 - a. Tid för att leta och söka saker
 - b. Långa ställtider
 - c. Stora buffertar
 - d. Kassation
 - e. Långa genomloppstider
 - f. Ytor
4. Stabilare processer
5. Trevligare arbetsplats genom ordning och reda

Implementering av operatörsunderhåll

För att lyckas införa operatörsunderhåll skall operatören utbildas stegvis för att förstå orsaken till att vissa störningar uppstår och hur de kan undvikas. Inom TPM sker detta i följande sju steg som Ljungberg (2000) beskriver såhär:

1. Initialrengöring - Grundlig rengöring av maskiner för att upptäcka defekter och förhindra onormal slitning.
2. Åtgärda orsaker till nedsmutsning - Minska eller förhindra spridning av smuts från källan
3. Standarder för rengöring och smörjning - Upprätta en standard för hur arbetet skall utföras och inom vilka tidsintervall.
4. Allmän inspektion - Underhållsavdelningen utbildar operatören i hur underhållsarbetet skall gå till på den egna utrustningen.
5. Självständig inspektion - Operatören övertar delvis underhållspersonalens arbetsuppgifter och en tydlig rollfördelning mellan de båda parterna klargörs.
6. Organisation av arbetsplatsen - Standardisering av underhållsarbetet och utformningen av arbetsplatsen.
7. Självständigt operatörsunderhåll - Här skall operatören ha de kunskaper som krävs för att kunna utföra det grundläggande underhållet på egen hand.

2.1.3 Förbättringsgrupper

Förbättringsgrupper fokuserar på och är ansvariga för förbättringen av en specifik process. Målen är ofta långsiktiga där slutmålet är att eliminera alla fel. Arbetet i dessa grupper är något som alla bedriver och är alltså ej frivilligt i TPM (Nakajima, 1992). Detta ledde till helt nya nivåer av produktivitet och kvalitet som under 1990-talet blev världskänt under namnet Lean Production (Ljungberg, 2000).

Enligt Ljungberg (2000) bör en förbättringsgrupp bestå av fyra till sju personer då alla blir mer delaktiga vid mindre grupper. Tanken med dessa förbättringsgrupper är att de ska arbeta självständigt men för att det skall fungera behövs en handledare i början menar Ljungberg (2000). Efter en tid sker en successiv övergång av ledarskapet från handledaren till en gruppmedlem som vill leda och bryr sig om gruppens medlemmar. Det är enligt Nakajima (1992) viktigt att personen är accepterad av hela gruppen.

Sammanställningen av gruppen består till större del av operatörer men ofta ingår även en mekaniker eller elektriker för att öka deras samarbete och för att de kompletterar varandras kunskap. Operatören vet hur maskinerna körs och vilka problem som brukar uppstå och underhållspersonalen har den tekniska kunskapen. Det är inte ovanligt att experter inom vissa områden bjuds in under en kortare period för att lösa svårare problem som framkommit (Ljungberg, 2000).

2.2 OEE (Overall equipment effectiveness)

När det kommer till effektivitetsmått på utrustning så tenderar företag att ta fram flera olika mått och metoder för dessa mätningar. Inom TPM förespråkas OEE som verktyg för att mäta total utrustningseffektivitet, främst då OEE tar hänsyn till flera kvalitets- och kvantitetsparametrar som saknas i de andra mätetalen (Nakajima, 1992; Ljungberg, 2000).

Enligt Bamber, Castka, Sharp och Motara. (2003) kan OEE användas på flera olika sätt inom ett företag. OEE kan användas som ett riktmärke för att ta fram ett initialt värde på maskinernas produktivitet. Detta initiala värde kan sedan jämföras med framtida värden för att kontrollera att det arbete som görs verkligen leder till förbättringar. De menar även att OEE kan användas för att jämföra två maskiner, för att få fram de maskiner som presterar sämre så företaget vet vilka maskiner de framförallt skall inrikta sitt förebyggande underhållsarbete mot.

2.2.1 De sex stora förlusterna

För att uppnå det första kriteriet för TPM, att maximera utrustningens effektivitet, menar Nakajima (1992) att företag behöver fokusera arbetet på att eliminera de sex stora förlusterna. Detta då de anses begränsa den totala utrustningseffektiviteten. De sex stora förlusterna kan delas in i följande tre förlustkategorier (Nakajima, 1992):

Stilleståndstid

1. Maskinstopp

Dessa förluster kopplade till haverier är tidsförluster och defekta produkter. Mycket tid läggs på att försöka minska dessa förluster, främst genom planerat underhåll där underhållsarbetet sker när produktionen ej är igång och på så sätt går ingen faktiskt produktionstid förlorad.

2. Ställtid och justering

Förluster som uppstår här påverkar ofta produktionstiden och beror på att maskinen justeras för en annan produkttyp, vilket kan vara byte av verktyg, formar och liknande. Ställtid delas vanligen in i två kategorier, inre och yttre ställtid. Inre ställtid består av de moment som endast kan utföras när maskinen står still och anses vara nödvändig tidsåtgång. Yttre ställtid däremot är de moment som kan utföras under tiden maskinen är aktiv. Här kan det genomföras stora förbättringar genom att dela upp justeringsarbetet i flera moment och omvandla inre till yttre ställtid.

Hastighetsförluster

3. Tomgång och mindre stopp

Tomgångsförluster uppstår då maskinen ej producerar fast att den skulle kunna göra det. Det kan bero på felsignaler från sensorer eller att det ej finns material i maskinen. De mindre stoppen är den typ av stopp som ej är tillräckligt stora för att klassas som haverier men som ändå kan leda till stora tidsförluster. Denna typ av mindre stopp är ofta enkla att åtgärda och rapporteras därför ej in, vilket leder till att företaget ofta inte har någon uppfattning om hur stor den totala förlusten som uppkommer är.

4. Reducerad hastighet

Denna typ av förlust beror på att maskinen ej uppnår den maximala hastigheten vilken den är konstruerad för. Då den faktiska hastigheten skiljer sig från den maximala uppstår en konstant förlust av effektivitet. Detta kan bero på att operatören ej vet vilken hastighet som är optimal eller att maxhastigheten kan leda till försämrad kvalitet på produkten.

Kvalitetsförluster

5. Processfel

Defekta produkter som måste omarbetas eller kasseras ingår i denna typ av förlust. Dessa förluster beror ofta på att produktionsprocessen är instabil. De produkter som måste kasseras anses vara en stor förlust, då den tid och material som använts kostar företaget utan att återge något värde. Även omarbetning kan vara kostsamt då det i många fall tar längre tid att omarbete en produkt än att producera en ny.

6. Reducerat utbyte

Förluster som uppkommer vid uppstart och efter omställningar beror ofta på att maskinen är kall och behöver kalibreras för att nå önskad kvalitet. Denna typ av förlust anses vara svår att åtgärda då många ser den som oundviklig.

2.2.2 Mätetalet OEE

Målet med OEE är att finna de störningar som finns i processen vilka kan definieras som aktiviteter som tar resurser i anspråk men inte är värdeskapande. OEE är en funktion av tre olika delar, tillgänglighet (T), operationseffektivitet (O) och kvalitetsutbyte (K), se ekvation (2-1) (Nord & Johansson, 1997).

$$OEE = \text{Tillgänglighet} \times \text{Operationseffektivitet} \times \text{Kvalitetsutbyte} \quad (2-1)$$

Den exakta definitionen av OEE skiljer sig mellan författare och tillämpningsområden, bland annat mellan Nakajima (1992) som tog fram den ursprungliga formeln och definitionen och De Groote (1995) som är en senare författare. Tabell 2.2 summerar deras syn på OEE. Skillnaderna är inte stora men för ett företag som vill mäta OEE kan dessa skillnader leda till helt olika siffror. En av anledningarna till att använda en metod för OEE-beräkning över en annan är enligt Bamber et al. (2003) att data för en specifik formel inte finns tillgänglig eller inte går att samla in. Som exempel lyfter de fram att företag kan ha svårt att definiera en ideal cykeltid om arbetet inte är automatiserat eller saknar fasta cykeltider.

Tabell 2.2: Variationer i beräkningar av OEE

	Nakajima (1992)	De Groote (1995)
Tillgänglighet	$\frac{\text{Total disponibel tid} - \text{planerad stopptid} - \text{oplanerad stopptid} - \text{ställtids}}{\text{Total disponibel tid} - \text{planerad stopptid}}$ (2-5)	
Operationseffektivitet	$\frac{\text{Ideal cykeltid} \times \text{antal produkter}}{\text{Tillgänglig produktionstid}}$ (2-10)	$\frac{\text{Verklig produktion}}{\text{Planerad produktion}}$ (2-7)
Kvalitetsutbyte	$\frac{\text{Tillverkat antal produkter} - \text{antal defekta produkter}}{\text{Tillverkat antal produkter}}$ (2-11)	

Om man utgår från Nakajimas (1992) synsätt så utgörs tillgängligheten enligt följande ekvation

$$T = \frac{\text{Tillgänglig produktionstid}}{\text{Planerad produktionstid}} \quad (2-2)$$

Tillgänglig produktionstid beräknas genom att ta bort all oplanerad stopptid samt de ställtider som finns (Bamber et al., 2003; Jonsson & Lesshammar, 1991). Detta ger följande omskrivning av ekvationen:

$$T = \frac{\text{Planerad produktionstid} - \text{oplanerad stopptid} - \text{ställtids}}{\text{Planerad produktionstid}} \quad (2-3)$$

Enligt Nakajima (1992) skall man utgå från total disponibel tid, och sedan subtrahera samtliga planerade stopp för att få fram den planerade produktionstiden.

$$\text{Planerad produktionstid} = \text{Total disponibel tid} - \text{planerad stopptid} \quad (2-4)$$

Detta leder till följande omskrivning av ekvationen:

$$T = \frac{\text{Total disponibel tid} - \text{planerad stopptid} - \text{oplanerad stopptid} - \text{ställtids}}{\text{Total disponibel tid} - \text{planerad stopptid}} \quad (2-5)$$

Om ett företag tar bort planerade stopptider från den totala disponibla tiden innan de börjar beräkna tillgänglighet, kommer detta leda till att planerat underhåll inte påverkar tillgängligheten för maskinen (Bamber et. al., 2003). Om företagen istället skulle inkludera planerad stopptid i sina uträkningar skulle tillgängligheten minska, men det skulle också motivera företagen att minska sin planerade stopptid exempelvis genom effektivare skiftbyten eller bättre planerat underhåll (Jonsson & Lesshammar, 1999). Nord och Johansson (1997) exemplifierar planerad stopptid som outnyttjade skift, raster, fackliga möten, ledningsmöte, belägningsbrist samt förebyggande underhåll. Ljungberg (2000) menar att samtliga maskiner är belägningsbara under alla dygnets timmar, alla dagar året runt och att denna tid endast kan reduceras genom nedanstående orsaker:

- Till följd av legala skäl såsom arbetsfria dagar, avtalat i kollektivavtal
- Inte ekonomiskt lönsamt såsom nattskift, helgarbete
- Till följd av låg efterfrågan eller resursbrist

Ljungberg (2000) är tveksam till om de aktiviteter Nord och Johansson (1997) exemplifierar som planerad stopptid bör avräknas i annat fall än att de är kopplade till punkterna ovan. Den bör enligt författaren betraktas som vilken förlust som helst och därför påverka tillgängligheten.

Operationseffektivitet används som ett mått på hur effektivt företaget arbetar med sin utrustning, det vill säga hur mycket som produceras jämfört med hur mycket som skulle kunna produceras om all utrustning presterat på ideal nivå. Denna faktor består av två komponenter, utnyttjad produktionstakt samt verklig utnyttjandegrad. Nakajima (1992) benämner utnyttjad produktionstakt som förhållandet mellan den ideala produktionstakten och den verkliga produktionstakten. Ljungberg (2000) menar att de förluster som påverkar produktionstakten bör benämnas reducerad hastighet, Bamber et. al. (2003) påpekar dock att mindre stopp och tomgångskörning bör läggas till.

$$Utnyttjad\ produktionstakt\ (UP) = \frac{Ideal\ cykeltid}{Verklig\ cykeltid} \quad (2-6)$$

Nord och Johansson (1997) menar att det finns sju olika sätt att bestämma den teoretiska cykeltiden, vilket rangordnas enligt följande:

1. Designad hastighet, den hastigheten som företaget utlovades vid inköp.
2. Den högsta hastigheten hos liknande utrustningar
3. Den högsta hastigheten i flödet
4. Den högsta hastigheten som faktiskt testats i utrustningen
5. Den teoretiskt högsta beräknade hastigheten
6. Den högsta noterade hastigheten som utrustningen producerat med
7. Dagens cykeltid, minus ambitionsnivån. Med ambitionsnivå menas att dagens cykeltid minskas med en realistisk förbättringspotential.

De Groote (1995) fokuserar istället på förhållandet mellan planerad produktion och verklig produktion för att få fram operationseffektiviteten, detta ger ekvation (2-7).

$$O = \frac{Verklig\ produktion}{Planerad\ produktion} \quad (2-7)$$

Verklig utnyttjandegrad mäter enligt Nakajima (1992) upprätthållandet av en verklig produktionstakt över en given period. Verklig utnyttjandegrad anger hur stabil maskinens drift är men tar inte hänsyn till huruvida hastigheten är optimal. Förlusterna i verklig utnyttjandegrad tydliggör istället småstopp och tomgång.

$$\text{Verklig utnyttjandegrad (VP)} = \frac{\text{Verklig processtid}}{\text{Tillgänglig produktionstid}} \quad (2-8)$$

Skrivs ofta i termer av cykeltid vilket ger följande ekvation:

$$\text{Verklig utnyttjandegrad (VP)} = \frac{(\text{Antal produkter} \times \text{verklig cykeltid})}{\text{Tillgänglig produktionstid}} \quad (2-9)$$

Operationseffektiviteten blir då produkten av VU och UP vilket ges av ekvationen:

$$O = UP \times VP = \frac{(\text{Ideal cykeltid} \times \text{antal produkter})}{\text{Tillgänglig produktionstid}} \quad (2-10)$$

Sista komponenten i OEE beräkningen är kvalitetsutbytet. Denna faktor tar hänsyn till de kvalitetsförluster som uppkommer. Viktigt att notera är att det gäller förlusterna som uppkommer i direkt närhet av maskinen och inte förluster som uppstår senare i kedjan (Nord & Johansson, 1997).

Både Nakajima (1992) och De Groot (1995) beräknar kvalitetsutbytet enligt:

$$K = \frac{(\text{Tillverkad antal produkter} - \text{antal defekta produkter})}{\text{Tillverkad antal produkter}} \quad (2-11)$$

Med dessa tre komponenter kan OEE-värdet på en maskin beräknas. Vid optimal drift skall OEE-talet vara 100%, men i verkligheten är detta omöjligt att uppnå då det alltid finns förluster i ett system. OEE-talet är då en möjlighet för företagen att få en uppfattning om hur maskinen presterar i förhållande till den optimala nivån och därefter kunna planera sin produktion och förbättringsarbetet.

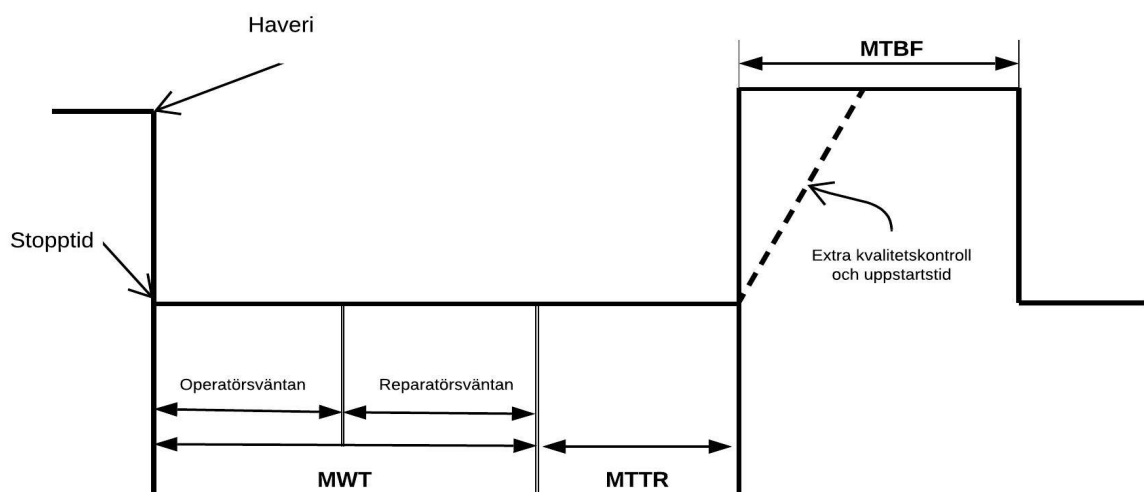
Som teorin visar finns det olika sätt att beräkna de olika delmåten i OEE. Men trots alla olika sätt att beräkna delmåten används de på samma sätt i ekvation (2-1) för att ta fram det slutgiltiga OEE-talet. Därför är det viktigt att företagen använder samma metod för att räkna ut delmåten för att kunna jämföra olika mätningar.

2.2.3 Förluster som påverkar tillgängligheten

Tidsmässiga stopp som haverier, tid för kontroll och uppstartstid räknas som tillgänglighetsförluster (Nord & Johansson, 1997). Enligt Ljungberg (2000) har det traditionellt sett vid förluster som påverkar tillgängligheten tittats på driftsäkerhet, dvs utrustningsfel och avbrott. Driftsäkerhet kan delas in i tre delar, funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet (Nord & Johansson, 1997). Funktions säkerhet definieras som hur länge utrustningen fungerar utan störningar, den talar om hur lång tid som går mellan varje fel och mäts som medeltid mellan fel, MTBF (Mean Time Between Failure) samt medeltid till fel, MTTF (Mean Time To Failure). Det som skiljer MTBF och MTTF är att MTBF används på utrustning som kan repareras medan MTTF används på utrustning som kasseras när den havererar.

Underhållsmässighet mäts som MTTR (Mean Time To Repair), det vill säga hur lång tid det tar att reparera ett fel, och beror till stor del på hur enkel maskinen är att reparera men är även beroende på kompetensen hos reparatören.

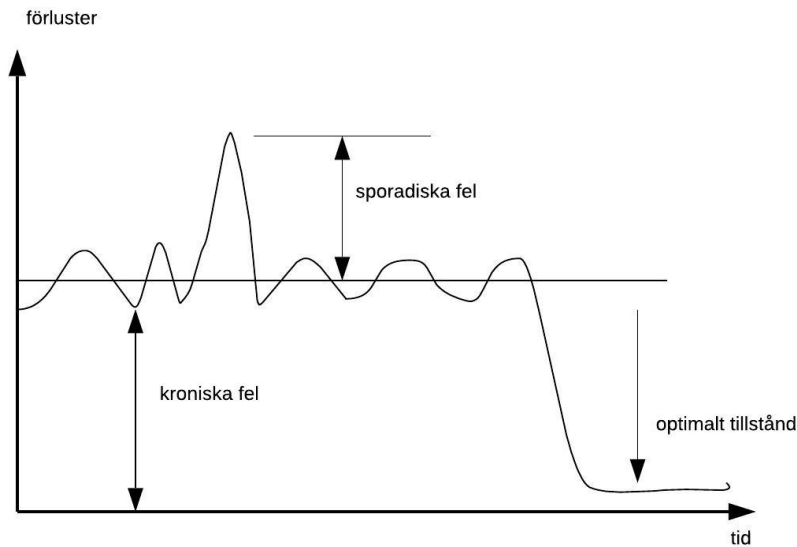
Underhållssäkerhet handlar om hur lång tid det tar att få fram personal, verktyg och reservdelar som krävs för att utföra reparationen. De faktorer som påverkar underhållssäkerhet är framförallt underhållsorganisationens storlek och effektivitet. Underhållssäkerhet mäts som MWT (Mean Wait Time). Till skillnad från MTBF och MTTR beror MWT på organisatoriska system och kan reduceras med en genomtänkt planering. Den totala tiden utrustningen inte kan användas kallas MDT (Mean Down Time) och är summan av reparationstiden och tiden för väntan (Nord & Johansson, 1997). Figur 2.2 visar hur ett typiskt oplanerat stopp kan se ut samt de uppstartsförluster som uppstår efter ett stopp, raster eller vid början av arbetsdagen.



Figur 2.2: Beskrivning av ett typiskt haveri, fritt efter Nord och Johansson, 1997

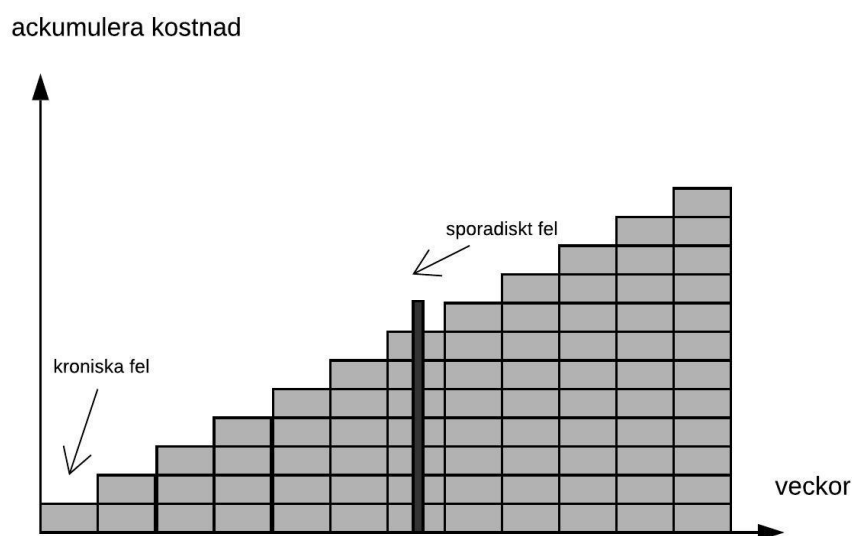
Enligt Nord och Johansson (1997) är det viktigt att arbeta med att få bort antalet stopp då varje stopp orsakar ett händelseförlopp som visas i Figur 2.2. Alla stopp som kan undvikas ger minskad operatörsväntan, väntan på underhållspersonal, reparationstid, uppstartstid samt påverkan på resten av produktionskedjan.

Enligt Nord och Johansson (1997) går det att dela in stoppen utifrån orsak eller utifrån frekvens och tid. Med denna indelning kan förlusterna klassas som sporadiska och kroniska, se Figur 2.3. Sporadiska förluster uppträder nästan alltid som en snabb och stor avvikelse och beror ofta på en orsak som är lätt att identifiera (Ljungberg, 2000). Denna typ av förlust uppträder relativt sällan men tar ofta lång tid att åtgärda. Dock går det ofta att förutse sporadiska förluster genom ett väl fungerande operatörsunderhåll alternativt en väl utvecklad tillståndskontroll. Efter varje haveri bör företagen fråga sig vilken typ av inspektion eller kontroll som hade kunnat upptäcka felet innan haveriet skedde (Nord & Johansson, 1997).

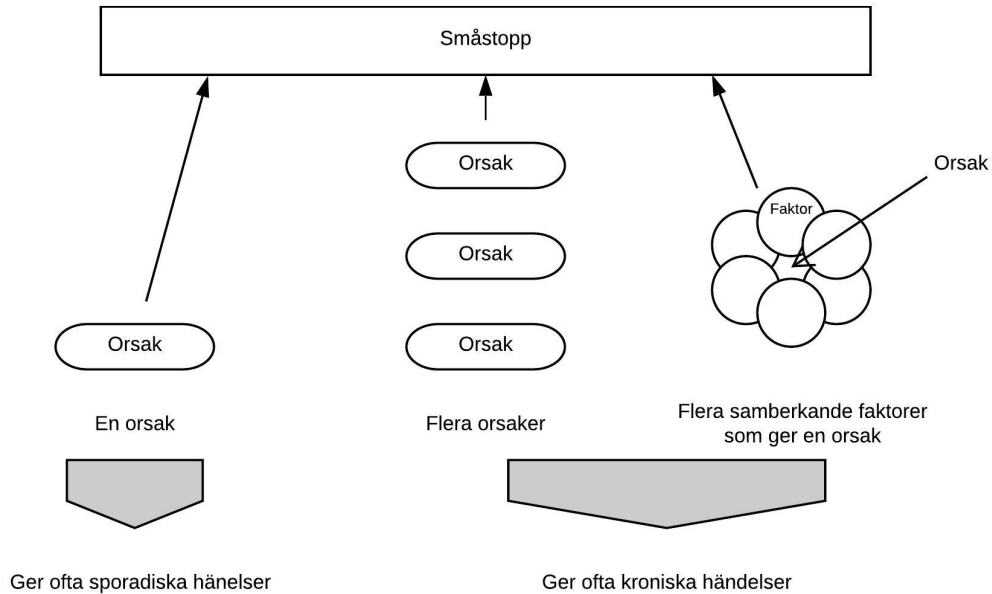


Figur 2.3: Beskrivning av kroniska och sporadiska fel, fritt efter Nord och Johansson (1997)

Nord och Johansson (1997) betecknar kroniska fel som systematiska förluster vilka inträffar ofta men under kortare perioder. Då de är återkommande blir den ackumulerade effekten av stoppen stor, se Figur 2.4. För att kunna komma till roten av kroniska fel krävs det ofta en förbättringsåtgärd samt ett väl utvecklat operatörsunderhåll. Ett väl utvecklat operatörsunderhåll krävs för att säkerställa att de förbättringar som gjorts med de kroniska fel verkligen har gett resultat. Kroniska fel är ofta dolda och komplicerade då de beror på många samverkande orsaker, se Figur 2.5. Enligt Ljungberg (2000) är det vanligt att dessa fel leder till förluster vilket resulterar i att operatörerna ser dem som ett normalt tillstånd, att de ingår i det dagliga arbetet då de inträffar så ofta. Det krävs därför en djupare analys för att hitta källan till problemet.



Figur 2.4: Kostnadsfördelning mellan kroniska och sporadiska fel, fritt efter Nord och Johansson (1997)



Figur 2.5: Orsakssamband vid kroniska förluster, fritt efter Nord och Johansson (1997)

2.2.4 Förluster som påverkar operationseffektiviteten

De förluster som påverkar operationseffektiviteten är cykeltidsförluster, systemförluster, småstopp samt tomgångsförluster (Nord & Johansson, 1997). Cykeltidsförluster är hastighetsförluster som kan beskrivas utifrån att utrustningen inte producerar i den takt som den är tillverkad för att göra. Det är inte alltid att hastighetsförluster uppfattas som en förlust eftersom utrustningen fortfarande producerar något. Nord och Johansson (1997) menar att kan vara extra svårt att identifiera hastighetsförluster då flera produkter med olika cykeltider produceras på en och samma utrustning.

Systemförluster inträffar om flera utrustningar beror på varandra, exempelvis i linjeproduktion. Förluster uppstår genom antingen hastighetsförluster eller tillgänglighetsförluster, dvs antingen är det kö för att det är en flaskhals eller så saknas produkter att bearbeta. Systemförluster kan delas in i två huvudgrupper, direkta och indirekta. De direkta systemförlusterna kan vara strömbrott, transportsystem som sammanbinder olika avsnitt av en produktion inte håller optimal hastighet eller har gått sönder, överordnade datorsystem har kraschat osv. När det kommer till de indirekta förlusterna är det något som uppstår mellan de utrustningar som är sammankopplade i serie. För att minska de indirekta systemförlusterna kan buffertar placeras ut som bryter av flödet, dock måste företagen vara väl medvetna om konsekvenserna. Extra buffertkapacitet kan leda till att problemen förblir dolda och att lagerkostnader stiger. Att sätta upp buffertar är en passiv åtgärd och löser inte problemet som ligger till grund för förlusten.

Tomgångsförluster är ofta operatörsväntan och repareratörsväntan då mätningarna gällande dem sällan registreras korrekt som tillgänglighetsförluster. Även alla småstopp som inte registreras korrekt kommer att landa under tomgångsförluster. Slutligen brukar även systemförluster landa under tomgångsförluster då de är svåra att mäta.

2.2.5 Förluster som påverkar kvalitetsutbytet

Enligt Nord och Johansson (1997) är kassation, omarbete och kvalitetsproblem orsakade vid uppstart förluster som påverkar kvalitetsutbytet. Kvalitetsfel innebär inte bara en trasig produkt utan leder ofta till administrativt arbete i form av rapporter, undersökningar och även extra hantering av den felaktiga produkten. Vidare om felet inte upptäcks i tid finns det risk att detaljen går vidare till andra operationer och binder upp tid även där. Enligt Ljungberg (2000) är omarbete en ofta ignorerad förlust eftersom det anses att produkten "räddas" och går att sälja. Dock är detta en minst lika viktig förlust som kassation då det kan ha använts både maskintid och operatörstid till att "rädda" produkten.

2.2.6 Mätning av OEE i praktiken

För att kunna ta fram och fokusera de mest betydelsefulla förlusterna krävs ett systematiskt tillvägagångssätt baserat på faktiska mätningar (Nord & Johansson, 1997). För att kunna förstå ett händelseförlopp är mätningar ett effektivt verktyg för att kunna kartlägga förloppet. En kartläggning baserad på fakta är överlägsen en kartläggning baserad på antagande och gissningar. Om systematiska mätningar ej görs leder detta enligt Nord och Johansson (1997) till att problembilden blir präglad av personliga intryck och tankar med risk för felprioriteringar.

Nord och Johansson (1997) delar in stopp och brister i följande tre generella typer:

- Haverier
Stopp som leder till att produktionen stannar av under en längre tid. Dessa sköts vanligtvis av underhållningsavdelningen och registreras på något vis.
- Småstopp
Stopp som varar under en väldigt kort period. Dessa stopp mäts sällan och visar sig då som en hastighetsförlust då de påverkar den ideala cykeltiden.
- Brister
Mindre problem med utrustningen som längre fram kan leda till haverier. Bristerna bör noteras på förbättringslistor och behandlas i förbättringsgrupper.

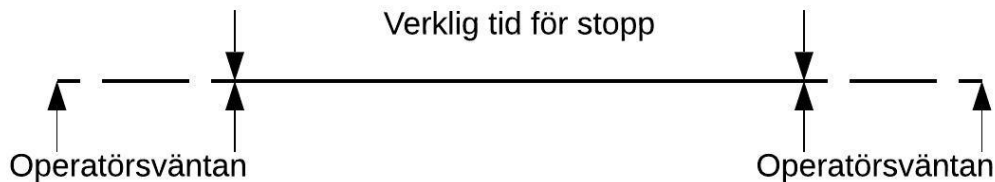
Praktisk mätning på störningar i en utrustning kan utföras på olika sätt, och i kommande avsnitt skall de tre mest grundläggande belysas.

Mätningar utförda av ordinarie driftpersonal

Enligt Ljungberg (2000) bör kontinuerliga mätningar utföras av ordinarie driftpersonal, det är dock tidskrävande och kräver ett engagemang från operatören. Nord och Johansson (1997) instämmer och menar att om organisationen inte är van att notera störningar kan det kännas som en extra börda för den ordinarie driftpersonalen när mätningen börjar. Det är viktigt att då förklara varför mätningarna görs och försöka få operatörerna att se nyttan i mätningarna och på så sätt nå acceptans. Om även de som skall utföra mätningarna får vara med och utforma dem, ökar möjligheten att motivation infinner sig. En annan fördel med att den ordinarie driftpersonalen utför mätningarna är att de får en djupare förståelse för hur problembilden skapas. Underhållsavdelningen ser inte de småstopp som uppkommer många gånger om dagen och som irriterar operatören (Ljungberg, 2000).

Enligt Ljungberg (2000) finns det dock flera potentiella problem med mätningar utförda av ordinarie personal. Främst är det operatörsrelaterade problem där mätningar införs i miljöer som tidigare präglats av en tayloristisk styrning då de gamla metod-tidmätningarna och ackorden finns kvar i minnet hos personalen. Personalen kan uppleva att det bara är ett nytt sätt att kontrollera enskilda individers produktionsresultat, när det egentligen är maskinens effektivitet som skall undersökas. Nord och Johansson (1997) lyfter fram en annan nackdel med att den ordinarie personalen mäter manuellt, nämligen att den mänskliga faktorn påverkar resultatet. En del är ambitiösa och noterar varje litet stopp medan andra tycker det är jobbigt att notera varje stopp och struntar således i det. Vidare är det också mänskligt att ibland bara helt enkelt glömma bort att notera något. Det finns även en risk att operatören blir hemmablind och ser vissa stopp som normal drift.

Vid all manuell mätning finns även problemet att mätningen inte börjar förrän operatören upptäcker att det är något problem, det uppstår alltså en operatörsväntan, se Figur 2.6. Detta leder till att problemet inte kommer registreras som tillgänglighetsförlust utan som en hastighetsförlust (Nord & Johansson, 1997).



Figur 2.6: Visualisering av operatörsväntan

Manuell mätning utförd av extrainkallad personal

Enligt Ljungberg (2000) samt Nord och Johansson (1997) är det ibland att föredra att göra en stor och fokuserad mätning där man tar in extra personal som hjälper till med mätningen. Nord och Johansson (1997) menar att det ofta, genom fokuserade mätningar under kort tid, går att kartlägga en störningsbild. Det kan då vara fördelaktigt och mer effektivt att använda extrainkallad personal, exempelvis studenter för att genomföra mätningarna eller använda personal som vanligtvis inte jobbar med utrustningen. Även en intensiv mätning under en kortare period ger enligt Nord och Johansson (1997) ett bra underlag för att mäta kroniska förluster. De menar att eftersom mätningen utförs av extrainkallad personal och inte personalen som använder utrustningen fås en mer detaljerad notering angående stopp och brister.

Eftersom personalen som gör mätningarna inte normalt arbetar med utrustningen har de nya synsätt och kan upptäcka problem som de ordinarie operatörerna ser som normaldrift (Nord & Johansson, (1997). Dessutom kan bredare synpunkter och förbättringsförslag framkomma då extrapersonalen kommer in med nya ögon. De får även en större förståelse för företagets verksamhet och därför en kompetenshöjning som de kan ta med sig tillbaka till sina vanliga arbetsuppgifter. Både Ljungberg (2000) samt Nord och Johansson (1997) menar att det är viktigt att den extra personalen utbildas i hur mätningarna utförs, hur maskinen de skall mäta fungerar och får en grundläggande förståelse för hela produktionskedjan.

En fördel med denna typ av mätning är att den kan tillämpas i produktion där bemanningen är låg, till exempel där automatiseringsgraden är hög (Ljungberg, 2000; Nord & Johansson, 1997). Nackdelen är att operatören inte utför mätningen och på så sätt lättare kan undvika att engagera sig i mätningen. Detta går att motverka genom att låta operatören vara med och planera genomförandet av mätningen (Nord & Johansson, 1997).

Automatisk mätning

Enligt Nord och Johansson (1997) är det idag vanligt att utrustning redan från början har automatisk registrering av störningar, ofta på väldigt detaljerad nivå. Då utrustning har automatisk registrering behöver inte operatören göra något för att mätningen skall utföras. För äldre utrustningar finns det ofta standardiserade övervakningssystem att köpa som tillåter automatisk mätning. Dock krävs det ofta att operatören då registrerar störningsorsaker vilket resulterar i att mätningen inte blir 100% automatisk. De vanligaste störningsorsakerna är redan fördefinierade och går att välja mellan. Många företag väljer att bygga sina egna automatiska eller halvautomatiska system för att de skall vara anpassade för just deras verksamhet (Nord & Johansson, 1997).

2.2.6 Analyser av OEE mätningar

När mätningen och beräkningarna är avklarade behöver företaget analysera resultatet. Företaget behöver kartlägga felorsakerna och identifiera förbättringspotentialer. Nord och Johansson (1997) rekommenderar företagen att ha en verktygslåda med olika verktyg tillgänglig då olika problem kräver olika lösningar. De rekommenderar tre olika metoder för att analysera resultatet, se Tabell 2.3.



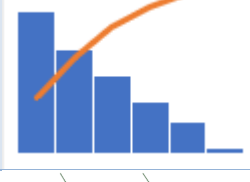
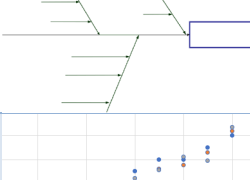
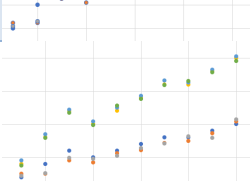
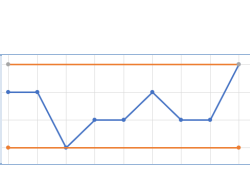
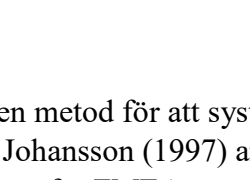
Tabell 2.3: Skillnader och likheter mellan några analysverktyg, fritt efter Nord och Johansson (1997)

	7QC	FMEA	PM-analys
Mål	Identifiera, prioritera och analysera alla typer av fel	Identifiera potentiella fel och brister för produkter och/eller processer	Reducera alla kroniska förluster till noll
Användningsområde	Alla typer av problem	Konstruktions- och processförbättringar	Då låg andel förluster återstår
Arbetsätt	En grupp arbetar med brainstorming och datastrukturering för att uppnå målet	En tvärfunktionell grupp arbetar med brainstorming för att identifiera potentiella fel	En kompetent grupp arbetar systematiskt enligt åtta omfattande steg
Resurser	Låga resurskrav	Höga resurskrav	Mycket höga resurskrav

Sju QC-verktyg

De sju QC-verktygen kommer ursprungligen från Japan där de valdes ut för att ge verkstadspersonalen ett antal hjälpmedel för att kunna arbeta aktivt med problemlösning (Nord & Johansson, 1997). Dessa verktyg kan användas för att identifiera, prioritera och analysera alla typer av problem. Verktygens huvudsyfte är att hjälpa till och strukturera data eller problem. Metoden bygger på att grafiskt kunna åskådliggöra situationer.

Tabell 2.4: Beskrivning av de sju QC-verktygen

QC-verktyg	Visualisering	Förklaring
Datainsamling med frekvenstabeller och checklistor		Ett strukturerat och förberett formulär för att samla in och analysera data. Ett mångsidigt verktyg som kan användas till många problem
Histogram		En grafisk presentation som visar frekvenser, distribution eller hur ofta varje värde i ett dataset inträffar.
Paretodiagram		Visar vilka faktorer som är mest signifikanta, enligt Nord och Johansson (1997) används det främst för att åskådliggöra "80–20-regeln", att 20% av orsakerna står för 80% av verkan.
Fiskbensdiagram		Används för att identifiera så många tänkbara anledningar till något resultat eller fel och sorterar in idéer i olika kategorier.
Sambandsdiagram		Ett diagram som kan användas för att analysera om det finns ett samband mellan två variabler. Det kan även användas för att verifiera samband som identifierats i ett fiskbensdiagram.
Stratifiering		Ett diagram för att gruppera och analysera data efter gemensamma egenskaper. Nord och Johansson (1997) nämner framförallt det som ett lämpligt diagram när "rådata" inte avslöjar samband, exempelvis om det gäller materialproblem kan stratifiering avslöja vilken leverantör som är ansvarig för problemet.
Styrdiagram		Ett diagram som används för att se hur en process förändras över tid.

FMEA

FMEA, feleffektsanalys är en metod för att systematiskt identifiera felrisiker i processer eller produkter. Enligt Nord och Johansson (1997) används FMEA som ett hjälpmedel för att "tänka efter före". Arbetsättet för FMEA är att en tvärfunktionellt sammansatt grupp systematiskt går genom processen eller konstruktionen med syfte att identifiera potentiella fel, dess orsaker och vilka effekter felet kan få. FMEA bidrar genom att involvera representanter från många olika funktioner i företaget till en bredare förståelse för problemet. Vidare menar Nord och Johansson (1997) att företagets samlade erfarenheter utnyttjas på ett bättre sätt. Slutligen i FMEA skall sannolikheten att ett fel uppstår, dess allvarlighet samt sannolikheten att felet upptäcks multipliceras ihop till ett risktal, vilket sedan kan användas som en beslutsgrund vid prioritering angående åtgärder.

PM-Analys

Nord och Johansson (1997) lyfter även fram förbättringsverktyget PM-analys. Det togs fram för att komplettera de traditionella verktygen, FMEA, felträdsanalys, 7QC osv. Målet vid utvecklingen av PM-analys var ett verktyg för att kunna reducera alla kroniska förluster till noll och sedan behålla det tillståndet. Detta leder till att PM-analys kräver mycket höga resurskrav med avseende på kompetens, dokumentation, utbildning och tid. Vidare menar Nord och Johansson (1997) att endast en liten del av utrustningsförlusterna kan återstå innan en PM-analys genomförs. En PM-analys är uppbyggd av åtta omfattande steg där de fyra första hanterar grundorsakerna till problemet och de fyra sista stegen systematiskt används för att effektivt eliminera grundorsaken. De åtta stegen är:

1. Klargöra fenomenet
2. Gör en fysikalisk analys
3. Identifiera tänkbara fundamentala orsaker
4. Analysera orsaker ur 4M-sambanden, människa, maskin, pengar och material
5. Faställa optimalt tillstånd
6. Identifiera avvikelserna
7. Utvärdera avvikelserna
8. Ge förslag och genomför förbättringar

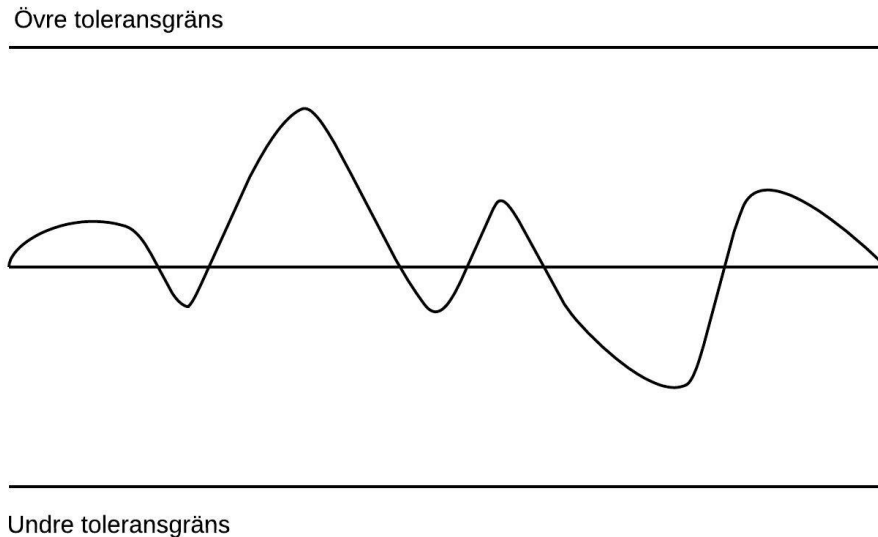
Enligt Nord och Johansson (1997) är målet med en PM-analys att reducera samtliga kroniska förluster till noll samt upprätthålla detta optimala tillstånd. De sammanfattar hur detta sker så här:

“Ett analytiskt och systematiskt synsätt på fenomenen, en granskning av alla orsakande faktorer och identifiering av alla avvikelser och reducering av dessa till noll” (Nord & Johansson, 1997 s. 74).

PM-analys är inte bara en förbättringsmetodik utan är, enligt Nord och Johansson (1997), ett annorlunda synsätt på hur problem uppkommer och vilka samband som finns. De menar att detta nya synsätt innebär att företagen skall spendera lika mycket tid på att förstå exakt hur ett problem uppstår som de gör på att ta fram förbättringsförslag för att lösa problemet.

SPS och kapabilitetsstudier

SPS, statistisk processtyrning går att tillämpa på all serietillverkning men är effektivast vid långa serier. SPS leder till förståelse och kunskap om en process spridning och kan statistiskt styras mot sitt målvärde trots slumpmässiga variationer i utrustning och omgivning (Nord & Johansson, 1997). Vidare kan SPS användas som ett hjälpmedel för att undersöka om en process endast varierar slumpmässigt kring ett medelvärde, det ger även en bra diagnos över hur kapabiliteten ser ut. Kapabilitetsstudier genomförs för att utröna hur väl en process håller sig inom givna toleransgränser, se Figur 2.7. Den parameter som skall styra mäts med jämna mellanrum, medelvärde och spridning markeras i ett styrdiagram och diagrammet analyseras och åtgärder tas när så behövs.



Figur 2.7: Visualisering av process inom toleransgräns, fritt från Nord och Johansson (1997)

2.2.7 OEE i världsklass

Ett högt beaktat pris som de flesta organisationer som arbetar med TPM eftersträvar är det japanska TPM-priset. Detta pris introducerades på 1970-talet av Nakajima och ansågs av honom vara det lägsta målet att sträva efter. För att anses ha lyckats med sin implementering av TPM krävs det att företaget uppnått en total utrustningseffektivitet på 85%. Detta är enligt Ljungberg (2000) ett väldigt högt mål men dock ej ouppnåeligt då det finns flera företag som vunnit detta pris. Dock beror det till stor del på vilken typ av produktionslina företaget har, hur många produktvariationer som produceras och inom vilken bransch företaget arbetar i. Nakajima (1992) lyfter fram de tre tal som företagen bör satsa mot för att kunna uppnå 85%. Dessa är en tidstillgänglighet på över 90%, operationseffektivitet högre än 95% och att kvalitetsutbytet bör vara över 99%.

Tillsammans ger detta enligt tidigare nämnd OEE-formel, se Ekvation (3-1):

$$OEE = 0,90 \times 0,95 \times 0,99 = 0,85 = 85\%$$

2.2.8 Tillämpningar av OEE

Jonsson och Lesshammar (1999) menar att mätsystem som mäter effektivitet kan användas för två huvudsakliga ändamål, antingen som ett verktyg för företagsledningen eller som ett hjälpmedel till ständiga förbättringar på "golvet". Både Bamber et al. (2003), Jonsson och Lesshammar (1999) menar att OEE-måttet passar bäst som ett hjälpmedel på golvet. Vidare menar de att dess främsta syftet inte enbart är att vara ett slutgiltigt verktyg för att mäta utrustningseffektivitet. Bamber et al. (2003) lyfter också upp ett tredje alternativ, vilket är att jämföra vilken maskin som har bäst respektive sämst prestanda för att se vart fokus på förbättringsarbetet bör ligga och menar då att avsikten snarare är att ge företaget en idé om vilka förbättringsaktiviteter som bör prioriteras. OEE kan även, om det används korrekt, utgöra en bra grund för långsiktiga strategiska förbättringsmål gällande hela produktionen. (Dal, Tugwell, Greatbanks, 2000)

OEE-måttet togs ursprungligen fram som en del av TPM för att mäta de sex stora förlusterna, dock är det inte alltid företaget har data rörande alla sex eller att samtliga förluster ej är relevanta att undersöka. Detta leder till den variation av definitioner gällande OEE som existerar mellan olika tillämpningsområden och experter på området. Detta är ett argument till att företag kan modifiera OEE för sina egna ändamål (Bamber et al., 2003). Vidare menar Jonsson och Lesshammar (1999) att en lyckad användning av OEE ej ligger i definitionen av OEE, utan i att företaget konstant samlar in nödvändiga data och genomför beräkningar av de tre delarna gällande OEE. Vidare menar de att eftersom förhållandena varierar mellan olika företag, bör inte OEE jämföras med andra än den egna verksamheten. De nämner som exempel på bra jämförelser olika liner eller enskilda maskiner i ett företag.

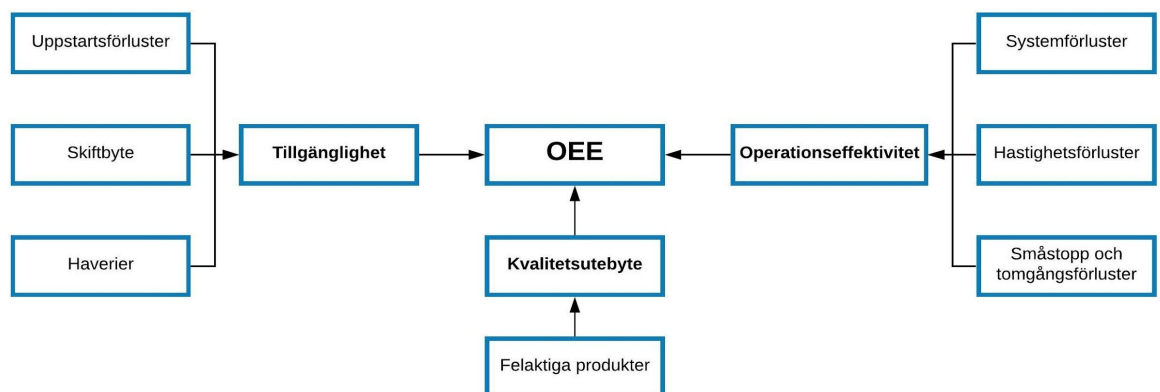
2.3 Begränsningar hos OEE

OEE lämpar sig bäst att användas i ett företag där kapacitetsutnyttjande är av största vikt och där kostnaderna för stopp och störningar är hög (Dal et al., 2000). Enligt Nord och Johansson (1997) bör OEE användas framförallt vid helautomatisk utrustning, de menar att det även kan användas i halvautomatiska maskiner. De tycker att manuell laddning och lossning är det maximala manuella arbetet som kan vara när man skall använda OEE. Enligt Dal et al. (2000) finns det få empiriska bevis för att OEE används inom industri som har få produkter i varje serie eller till och med enstycksproduktion.

Enligt Jonsson och Lesshammar (1999) bör inte OEE användas på ett flöde utan då bör OEE tas fram på den process som är flaskhalsen. Detta för att mätningar på annat än flaskhalsen kan ge företaget missvisande resultat vilket kan leda till felprioriteringar angående förbättringar. Exempelvis om mätningar utförs på två maskiner samtidigt och sedan görs förbättringar på maskin nummer ett, flaskhalsen, vilket påverkar maskin nummer två. Använder då företaget de första mätningarna är de troligen inte relevanta då maskin nummer ett påverkar tillgänglighet och operationseffektivitet på maskin nummer två.

2.4 Teoretisk referensmodell

Baserat på teorin har de faktorer som påverkar OEE tagits fram och ligger till grund för den teoretiska modell som presenteras nedan. Denna teoretiska modell skall sedan ligga till grund för analysen av APM:s modell samt den nya modellen som skall presenteras.



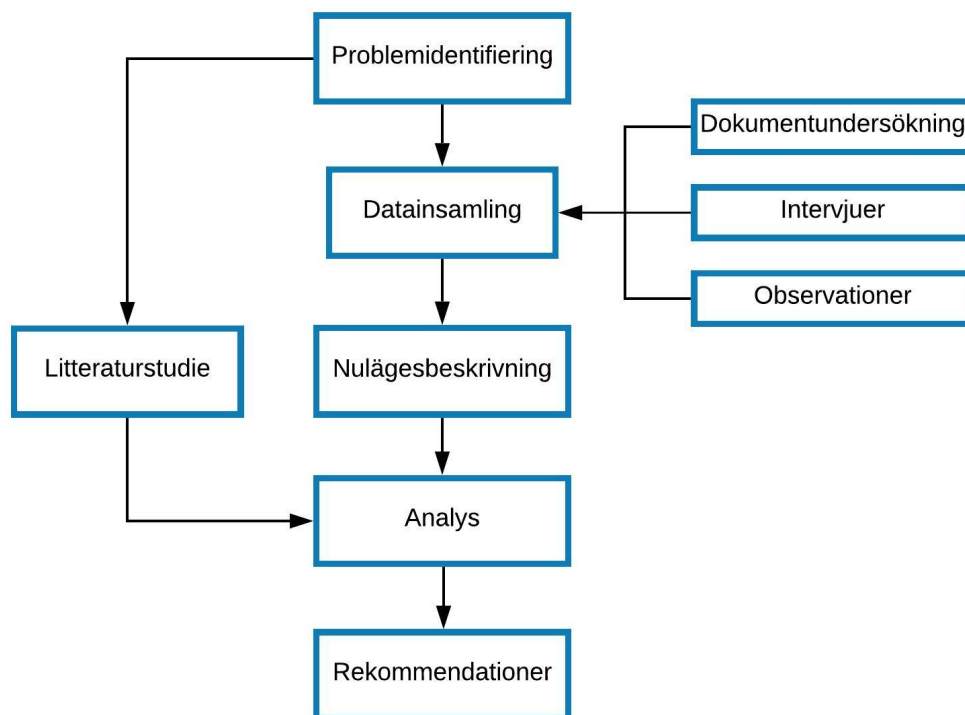
Figur 2.8: Teoretisk referensmodell

3. METOD

I detta avsnitt presenteras det tillvägagångssätt och de metoder som använts för att genomföra studien. En diskussion kring de metoder som använts erhålls i detta avsnitt.

3.1 Arbetsgång

Forskningsansatsen som använts i denna studie är deduktiv, vilket betyder att författarna utgår från teori som sedan härleds till en eller flera hypoteser (Bryman & Bell, 2013). Dessa hypoteser har sedan testats i en empirisk undersökning som bestäms av den teori som använts. Arbetsgången för studien kan delas in i tre huvudsakliga faser. Den inledande fasen är studiens teoretiska del. Under denna fas har arbetet bestått av inhämtande av teori gällande rapportens ämne, en fördjupning i den mest relevanta teorin och framtagande av en teoretisk referensram. Den andra fasen har bestått av en empirisk undersökning som involverar intervjuer och övrig datainsamling. Den avslutande fasen är analysfasen där teori och empiri analyserats för att kunna besvara rapportens frågeställningar.



Figur 3.1: Studiens arbetsgång och använda metoder

3.2 Problemidentifiering

I det inledande arbetet hölls två möten med ansvariga för driften och utvecklingsarbetet på APM Terminals i Göteborg. Detta gjordes för att identifiera de problem APM har gällande effektivitetsmätning på maskiner och utrustning på terminalen. Under mötena diskuterades vilka problem som existerar och varför de uppfattas som problem. Vidare diskuterades studiens syfte och avgränsningar.

3.3 Litteraturstudie

Studien inleddes med en ostrukturerad litteraturstudie angående effektivitetsarbete inom containerhamnsverksamhet samt generellt angående OEE-mätningar. Denna ostrukturerade inledning genomfördes för att få en bättre förståelse för studiens inriktning samt för att kunna skapa en teoretisk referensram.

Rent praktiskt genomfördes litteraturstudien genom att relevant information från Chalmers Tekniska Högskolas biblioteksdata söktes. Den teoretiska referensramen består i huvudsak av material från e-böcker, forskningsrapporter, böcker, doktorsavhandlingar och vetenskapliga artiklar. Litteraturstudien grundas på litteratur som främst är inriktad på OEE-beräkningar, både generellt och även specifikt på kranar och maskiner i containerhamnar samt generell effektivitetsarbete. De sökord som legat till grund för litteraturstudien har främst varit: Overall equipment effectiveness (OEE), effektivitetsarbete, containerhamn, total productive maintenance (TPM).

3.4 Datainsamling

För det empiriska genomförandet har en traditionell kvalitativ forskningsstrategi använts bestående av dokumentinsamling, observationer och intervjuer. Denzin (2009), Bryman och Bell (2013) menar att inom forskning bör flera olika insamlingsmetoder användas för att öka validiteten, så kallad triangulering.

När data skall samlas in finns det generellt två typer av data, primärdata och sekundärdata. Den information som samlas in direkt av forskaren från personer eller grupper och är avsedd specifikt för studien kallas primärdata. Insamlingen av primärdata sker främst genom observationer, intervjuer och frågeformulär. Sekundärdata är information som samlats in av andra personer än forskaren (Jacobsen, 2002). Den insamlade data kan vara specifikt för studiens ändamål men behöver ej vara det. Både Jacobsen (2002) och Yin (2003) rekommenderar att både primär- och sekundärdata används då de kan styrka varandra men även kontrasteras för att belysa eventuella skillnader.

3.4.1 Intervjuer

Det finns flera olika utformningar av forskningsintervjuer och de utgör en viktig del i datainsamlingen. Utformningen som är mest relevant beror främst på om det är en kvantitativ eller kvalitativ forskning som bedrivs (Bryman & Bell, 2013; Jacobsen, 2002). Vid en kvantitativ forskningsstudie är frågeformulärsundersökningar och framförallt i form av strukturerade intervjuer det som Bryman och Bell (2013) rekommenderar. Detta beror främst på att en standardisering av frågorna underlättar för sammanställningen och bearbetningen samt styrker validiteten på informationen som samlas in. Både Jacobsen (2002), Bryman och Bell (2013) menar på att variationen i respondenternas svar vid strukturerade intervjuer då beror på verkliga skillnader och inte på skillnader som kan härledas till intervjun och hur den genomförs.

Inom kvalitativ forskning finns ett antal intervjuformer som är mer lämpade för att samla in information än vad strukturerad intervju är. Dessa metoder kallas kvalitativa intervjuer och innefattar ett flertal intervjuformer som semistrukturerade-, ostrukturerade- och fokuserade intervjuer. Vid semistrukturerade intervjuer används en uppsättning frågor vars ordningsföljd kan variera och där det finns utrymme för uppföljningsfrågor för att fördjupa sig inom ett område. Ostrukturerade intervjuer består av mer allmänna frågor vilka ofta ställs på ett mer informellt sätt vilket möjliggör för öppna diskussioner och kan liknas ett vanligt samtal (Bryman & Bell, 2013). Jacobsen (2002) menar dock att en viss förstrukturering alltid finns i en intervju då intervjuaren har med sig fördomar, även om det är omedvetet.

När information gällande en viss händelse eller situation eftersträvas används fokuserade intervjuer som består av öppna frågor där följdfrågor kan ställas för en mer detaljerad förklaringen av händelsen (Bryman & Bell, 2013).

Både Jacobsen (2002), Bryman och Bell (2013) lägger stor vikt vid att klargöra för respondenten undersökningens syfte, varför den är viktig och vilken typ av information som samlas in. Om informationen som respondenten lämnar kan vara anonymt och endast kommer användas för studien så är det viktigt att informera om det. Detta då anonymitet ofta ökar möjligheten att få ärliga svar (Bryman & Bell, 2013; Jacobsen, 2002). Det är också viktigt att respondenten ges möjlighet att ställa frågor. Detta menar Bryman och Bell (2013) är viktigt för att skapa en tillitsfull relation och för att få relevanta svar.

Intervjuer har genomförts löpande på APM Terminals i Göteborg, främst med Terminal Transformation Lead som är ansvarig för senaste genomförda OEE-mätningen samt med Terminal Operations Manager. Under studiens empiriska del har även ett antal ostrukturerade och fokuserade personliga intervjuer genomförts med personer som var involverade i senaste OEE-mätningen. Detta för att kunna få en översikt av hur tidigare mätning gått till och för att få deras synpunkter på nuläget och vilka problem de anser existerar.

3.4.2 Dokumentundersökning

Dokumentundersökning är ett systematiskt arbetssätt för att utvärdera både elektroniska och fysiska dokument. Som forskningsmetod är dokumentundersökning speciellt användbara för kvalitativa studier (Bowen, 2009; Yin, 2003). Jacobsen (2002) pekar ut följande tre tillfällen när dokumentundersökning anses vara speciellt lämpliga att använda: När det är omöjligt att samla in primärdata, när vi vill veta hur andra har tolkat en specifik situation eller händelse och när vi vill veta vad andra människor faktiskt har sagt och gjort.

Både Jacobsen (2002) och Bowen (2009) påpekar dock att dokumenten ofta ej skapats för att användas inom forskning, vidare menar Jacobsen (2002) att även om data samlats in för att användas inom forskning kan ändamålet vara ett annat. Bowen (2009) påpekar att dokument inte alltid återger en precis, träffsäker eller komplett bild av alla händelser. Det är upp till forskaren att analysera och fastställa relevansen av dokumenten och inte bara "lyfta" ord och passager ur tillgängliga dokument.

En dokumentundersökning har gjorts för att inhämta APM:s nuvarande metod för OEE-beräkningar samt resultat och presentationer från föregående OEE-mätning. Vidare har andra dokument som är relevanta såsom företagsinformation och företagets riktlinjer studerats.

3.4.3 Observationer

Observationer används för att kunna inhämta primärdata, detta kan ske genom att utföra en direkt observation (Yin, 2003; Jacobsen, 2002).

Både Yin (2003), Robson och McCartan (2016) beskriver att det finns två varianter på hur datainsamling går till:

- Formell datainsamling innebär en hög struktur under observationerna, endast de aspekter och beteenden som på förhand ansetts relevanta för studien noteras, all annan information ignoreras. Denna typ av observation leder till en hög reliabilitet och validitet av informationen men medför en hög risk att relevant information ignoreras.
- Informell datainsamling innebär större flexibilitet i hur och vilken data som samlas in. Den informationen som anses vara intressant antecknas, vilket dock kan leda till det som kallas observer bias eller confirmation bias. Observer och confirmation bias innebär att observatören framförallt registrerar beteenden och aspekter som bekräftar hypotesen.

Den observationsform som har använts i denna studie är direkt observation med en informell datainsamling. Detta görs för att få en uppfattning om hur den dagliga verksamheten hos APM ser ut, vilka verksamhetsspecifika moment och vilka begränsningar som kan påverka metodutformningen för OEE-mätningen i en containerhamn.

3.5 Analys och rekommendationer

Litteraturstudien, den insamlade datan och nulägesbeskrivningen har analyserats och jämförts. Resultatet av den analysen ligger till grund för de rekommendationer och slutsatser som studien presenterar.

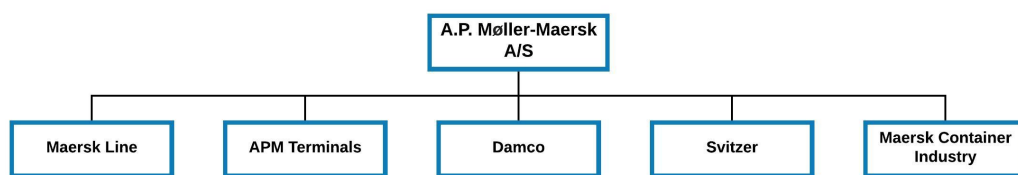
4. NULÄGESANALYS

I detta kapitel presenteras en analys av nuläget. Kapitlet inleds med en beskrivning av företaget, de maskiner och utrustning som används i terminalen samt arbetsgången på terminalen. Därefter beskrivs APM:s nuvarande mätförfarande och deras uppfattning om metodens problem. Kapitlet avslutas med en modell av nuvarande mätförfarande.

4.1 Företagsbeskrivning

A.P. Møller-Maersk A/S, även kallat Maersk Group är en internationell koncern som är verksam främst inom logistik och transport. Maersk Group har 84 000 anställda i 130 länder med huvudkontor i Köpenhamn. Under 2017 uppgick deras omsättning till cirka 340 miljarder kronor.

Maersk Group är indelat i flera dotterbolag uppdelade efter affärsområden, se Figur 4.1. Maersk Line transporterar containrar till sjöss och innehar världens största flotta med containerfartyg. Maersk Line är störst av dotterbolagen sett till både omsättning och antal anställda. APM Terminals driver containerhamnar och inlandsterminaler. Damco utför speditörtjänster och logistiklösningar. Svitzer arbetar med säkerhet och support till sjöss medan Maersk Container Industry utvecklar och producerar containrar.



Figur 4.1. Maersk Groups affärsområden, fritt från <https://www.maersk.com/en/about>

Denna studie fokuserar på företaget APM Terminals containerhamn i Göteborg. APM Terminals har totalt 22,000 anställda över 74 terminaler i 69 länder. APM har sedan de tog över verksamheten 2012 investerat en miljard kronor för att öka terminalens kapacitet genom att effektivisera hantering av containrar. År 2017 hanterade APM Terminals nära 40 miljoner containrar varav cirka 800 000 hanterades på terminalen i Göteborg. Detta motsvarar cirka 50% av import- och exportcontainrarna på den svenska marknaden. Terminalen har en maxkapacitet som skulle kunna täcka hela Sveriges totala volym. På APM Terminals i Göteborg arbetar ungefär 300 personer och verksamhetens främsta uppgift är att lasta och lossa containerfartyg. Containrar ankommer och lämnar terminalen via järnväg och lastbil. Varje månad hanteras omkring 14 000 lastbilar i terminalen vilket motsvarar 50% av containervolymen. Den andra delen går via järnväg på någon av de sex järnvägsspåren som kan ta emot tre 750 meter långa tåg. Via järnvägen avgår cirka 70 tåg per vecka till större delen av landet.

4.2 Maskiner och utrustning på terminalen

Detta avsnitt presenterar den utrustning studien fokuserar på, grensletruckar och kranar. Figur 4.2 visar en överblick av terminalens maskiner.



Figur 4.2. Överblick av terminalens maskiner, kran K14 och 4H-truck, författarens egen bild (2019).

4.2.1 Grensletruck

På terminalen i Göteborg finns det två typer av grensletruckar. 4H och 3H är den typen av truckar som används där benämningen 4- respektive 3H står för truckens staplingskapacitet. 4H-maskinerna kan stapla fyra containrar ovanpå varandra medan 3H-maskinerna kan stapla tre, se Figur 4.3.



Figur 4.3. Bild på grensletyperna 3H och 4H, författarens egen bild (2019).

Båda typerna av grensletruckar har en sexcylindrig dieselmotor och en elektrisk drivmotor för att driva hjulen. Grensletrucken har åtta hjul med fyra på vardera sidoram varav två av dessa är drivande. Lyftanordningen som möjliggör för trucken att lyfta containrarna är ett elektriskt lyftsystem av vinschtyp som drivs av en elmotor. Lyftoket som är den del av lyftanordningen som låses fast i containerns hörnlådor, hänger i vajrar och styrs hydrauliskt. Lyftoket kan flyttas i sidled för att föraren skall kunna träffa containerns hörn för att sedan låsa fast så att containern går att lyfta. Lyftoket är expanderbart i längdled för att kunna hantera de olika standardcontainrarna. För jämförande teknisk specifikation av grensletyperna se Bilaga 1.

3H-truckarna som används i terminalen är av en äldre modell än 4H-truckarna. De grensletruckar som köpts in nyligen är alla av typen 4H. Detta är främst på grund av att 4H-truckarna möjliggör för högre stapling i terminalens containerparker vilket leder till en effektivare användning av ytan APM disponerar.

4.2.2 Ship-to-shore kran

Terminalen i Göteborg består av två sträckor med kaj där fartygen kan lägga till. Den kortare västra kajen tar emot mindre fartyg av typen feeder. Den längre södra kajen med en djupare vattenpassage möjliggör för större oceangående fartyg att lägga till där, se Figur 4.5.



Figur 4.4. Bild på kran K7 med uppfälld boom, författarens egen bild (2019).

APM har totalt åtta kranar som används vid hantering av containrar mellan kaj och fartyg. Dessa åtta kranar består av fyra olika typer som kan delas in i följande två kategorier: De större, K10-K14, som lastar av och hämtar containrar mellan kranens ben och de mindre, K6-K9, utför samma arbete bakom kranens ben. En teknisk jämförelse av kran typerna går att finna i Bilaga 1. Kranarna står på räls som möjliggör för dem att röra sig i sidled längs kajen, även kallat gantry, för att kunna positionera sig rätt i förhållande till fartyget. Alla kranar i terminalen är eldrivna.



Figur 4.5: Layout över terminalen, APM (2019).

4.2.3 Andra maskiner i terminalen

Förutom grensletruckar och kranar finns ytterligare intressanta utrustningar som används i terminalen men som inte berörs i framtagandet av studiens metod för OEE-mätning.

Över järnvägen står två RMG-kranar på räls som sköter all last och lossning av containrar på tåg. De fungerar på ett liknande sätt som kranarna vid kajen men har till skillnad från STS-kranarna sitt arbetsområde mellan kranbenen där järnvägen är.

I tomparken används främst reachstackers vilket är en annan typ av truck som kan stapla fem tomcontainrar på varandra.

4.2.4 Container

De containrar som används idag utgår från en ISO-standard som introducerades 1956. Det internationella standardmått som används inom containerlogistik är TEU (Twenty-foot Equivalent Unit). En TEU är 6,09x2,59x2,44m vilket motsvarar en 20-fots container. Beroende på hur mycket som skall förvaras i containern och vilken typ av vara det är så finns det en rad olika variationer på standarden. De mest använda containrarna som hanteras i terminalen är 20-fot (1 TEU), 40-fot (2 TEU), 45-fot (2 TEU) och 40-fot High Cube (2 TEU). Med High Cube menas att containern är en fot högre än standardmåttet på 2,59m. Den vanligaste typen av containrar är de som avser förvara torrt gods, men det finns även reefer-containernar för förvaring av kylda varor och tank-containernar för vätskor och gaser. De containrar som behöver lasta gods som inte följer de standardiserade måtten kallas OOG-containernar (Out of Gauge).

4.3 Arbetsgång på terminalen

Arbetet på terminalen delas in i följande tre huvudområden, fartyg, järnväg och mottagningsparker.

4.3.1 Fartyg

När ett fartyg anländer så lotsas det in på sin plats vid kajen av en lotsbåt och kranarna som skall användas körs fram till sin bestämda plats vid fartyget, se Figur 4.6.



Figur 4.6. Containerfartyg förtöjda vid södra kajen på APM:s terminal i Göteborg, (APM, 2019)

Fartyget är uppdelat i bayer där en bay motsvarar längden på en 40-fots container och antalet containrar som får plats på varje bay varierar med fartygets storlek. På de flesta containerfartyg kan containrar lastas på däck och under däck. När containrar skall lossas eller lastas i lastutrymmet under däck lyfts hatch cover, vilket är locket över lastutrymmet, av med kranen och placeras bakom kranen på kajen. När hatch cover lyfts av eller på fartyget står två grensletruckar av säkerhetsskäl som vakt så att ingen kan köra förbi på vägen bakom kranen. Arbetet med fartygets containrar startar med att kranens boom fälls ner över den bay den skall arbeta på. Innan de containrar som står på däck kan lyftas av från fartyget behöver personal på fartyget lossa den surring som håller de på plats under transport, så kallad unlashing.

Sedan börjar kranen lyfta av containrarna och ställer dem på antingen en plattform så att eventuella twistlocks som sitter i containerns hörnlådor kan plockas av. De containrar som står under däck, där de ej behöver twistlocks, ställs direkt på marken. Twistlocken är en låsmekanism som låser samman två containrar för att se till att de ej kan glida och riskera att åka av fartyget under färd. Personalen som sitter i tally, båset mellan kranens ben, registrerar vilken container som lyfts av och är ansvariga för att plocka av eventuella twistlocks.

Därefter plockas containern upp av en grensletruck som arbetar vid kranen och körs till sin bestämda plats i en containerpark. Varje kran har två fasta grensletruckar och vid behov kallas en extra grensletruck in från yard-poolen. Yard-poolen består av grensletruckar som står till förfogande där de behövs.

När fartyget sedan har lossat alla containrar avsedda för terminalen påbörjas lastningen. Då hämtas en container upp i parken av en grensletruck och körs sedan till kajen och likt vid lossning så ställs de på plattform om de behöver twistlocks, annars direkt på marken. Personalen i tally registrerar containern och berättar för kranföraren var på fartyget containern skall stå. Vid behov sätter personalen i tally på twistlocks i hörnlådorna på containern före de lyfts ombord.

I vissa fall sker lastning och lossning samtidigt. Detta kallas Dual-cycling och är det mest effektiva sättet att hantera ett fartyg på. När kranen endast lossar så går den tillbaka utan container från kajen och tvärtom vid lastning. Vid Dual-cycling lossas en container från fartyget och placeras på kajen där en container som skall lastas plockas upp av kranen och lyfts på fartyget. Detta leder till att produktiviteten blir betydligt högre även för grensletruckarna då de också kör dual.

Grensletrucken hämtar en container från parken och ställer den under kranen och därefter rundar grensletruckens kranen och hämtar upp den containern som ställts av på kajen. Det sker även att en kran lossar på en bay och en annan kran lastar på en annan. Detta beror på hur den förutbestämda lastplanen ser ut för fartyget.

4.3.2 Järnväg

Järnvägstågen anländer till terminalen på något av de sex spår som finns markerad med 9 i Figur 4.5. Över spåren står två RMG-kranar som körs på räls och lastar av och på containrar från tåget. När tåget lastas med containrar som innehåller last körs de fram till kranen på den västra sidan av järnvägen med hjälp av grensletruckar. De containrar som är utan last körs istället fram med reachstackers på östra sidan av järnvägen.

När tåget lossas följer arbetsgången samma mönster med att tomma containrarna lastas av på den östra sidan av järnvägen och lastade containrar på den västra sidan. Containrarna hämtas sedan upp av en reachstacker eller grensletruck beroende på om de är med eller utan last och körs till sin förutbestämda plats.

4.3.3 Mottagningsparker

Lastbilar som skall hämta eller lämna containrar anländer till terminalen via Port 3 och Port 4, markerad G3 och G4 i Figur 4.5. Via Port 3 hanteras alla tomma import- och exportcontainrar. Detta innebär att lastbilar antingen lämnar en tom container, hämtar en tom container eller både och. De tomma containrarna lagras i tomparken, markerad empty depot i Figur 4.5 där hanteringen sker med reachstackers.

Port 4 hanterar alla containrar lastade med gods. Där registreras lastbilen och tilldelas en fil i mottagningsparken, markerad med 5 i Figur 4.5. Lastbilen parkerar i sin fil och väntar på att en grensletruck skall bli tilldelad jobbet att antingen lossa den exportcontainer lastbilen kommer med, lasta på en importcontainer på en tom lastbil, eller både och. När grensletruckens fått jobbet kör den över lastbilen, lyfter av containern, backar ut och kör ställer den sedan på rätt plats i containerparken.

4.4 Nuvarande mätförfarande

I detta kapitel beskrivs APM:s nuvarande metod för att mäta OEE.

4.4.1 Bakgrund

Enligt ett beslut från APM:s ledning skall samtliga terminaler inom APM genomföra OEE-mätningar. Sedan 2012 då APM tog över driften av hamnen i Göteborg har mätningar gjorts varje år med undantag för 2017 och 2018.

APM vill att OEE-mätningen skall hjälpa dem förstå varför deras utrustning inte levererar 100%. De lyfter fram att en mätning behövs för att på ett statistiskt korrekt sätt kunna visa på vilka slöserier, störningar, förbättringspotentialer som existerar. Genom att genomföra en OEE-mätning vill APM ta fram underlag för olika förbättringsförslag som kan leda till att maskiner och utrustning utnyttjas effektivare. Målet är att kunna öka produktiviteten samt ge bättre service till sina kunder. APM vill även ta fram underlag för underhållsplanering och skapa en gemensam syn på de problem och störningar som existerar från både förare, tekniker och ledningsgrupp.

Sammanfattningsvis utför APM OEE-mätningar för att få den data som krävs för att kunna ta beslut och prioritera resurser beroende på hur mycket respektive störning påverkar deras resultat.

4.4.2 Mätningen

APM delade in OEE-mätningen i följande sex steg:

1. Mätning.
Mätningen pågick under en normal produktionsvecka där observatörerna klockade så många lyft som möjligt.
2. Observationer
Under mätningen studerade observatörerna så många lyft som möjligt.
3. Sammanställning
Efter mätningen sammanställdes resultatet.
4. Visualisering
Resultatet visualiserades.
5. Analys
En analys av mätresultatet och de observationer som gjorts genomfördes.
6. Förslag på förbättringar
Ansvariga för analysen lämnade förslag på förbättringar enligt de resultat som kom fram från analysen.

Vid den föregående mätningen 2017 var APM Terminals i Göteborg global pilot för en ny applikation och beräkningsmetod från den centrala funktionen Global OPS i Haag. Observatörerna som deltog i mätningen var totalt 39 st och inkluderade deltagare från olika funktioner inom terminalen, från centrala funktioner och från terminaler i andra länder. De observatörer som deltog i mätningen hade alla begränsad eller ingen erfarenhet från produktionen, alltså inga kran- eller grensleförare. Syfte och mål med OEE förklarades och en grundläggande genomgång av de 7+1 slöserierna gjordes. Vidare fick samtliga observatörer en utbildning av ett globalt företagsteam i hur man praktiskt genomför en OEE-mätning.

För att mätningen skulle uppnå en statistisk säkerställd kvalitet behövde APM veta hur en representativ normal produktion ser ut. Målet för antal mätningar var 900 krancykler och 384 grenslecykler för att få en bred förankring och statistisk säkerhet. För att ta fram detta mål jämfördes volymer per veckodag, skift, kran och fartyg under januari-mars föregående år med november till januari 2017 då volymerna var väsentligt lägre än under den första perioden. Mätningen begränsades till att endast omfatta kranar och grenslar på fartygssidan. För att mätningen skulle få en representativ bild av en normal vecka var fartygen av olika typer och delades in i följande två kategorier: Mainliner, oceangående fartyg med mer än 2500 containerlyft per fartyg och vessel vilket är feederfartyg som lastas om till större fartyg i andra hamnar, med mindre än 2500 lyft. Ansvariga för mätningen säkerställde att produktionen skulle innefatta export- och importcontainrar samt båda typer av grensletruckar som opererar i terminalen. Totalt observerades ca 1300 krancykler och 500 grenslecykler under 138 timmar fördelat på veckans samtliga produktionstimmar. För att mäta och registrera varje mätpunkt användes applikationen "Now Then Pro" och varje mätpunkt delades in i händelser med möjlighet att registrera stoppkod och kommentar. Se Tabell 4.1; 4.2; 4.3 för grensletruck. Alla registreringar gjordes av personal som åkte med i kran och grensletruck tillsammans med förare. Datan som lagrades i appen överfördes senare till en Excel-fil där all data sammanställdes och beräknades. Resultatet från mätningen presenterades sedan i ett vattenfalls-diagram likt Figur 4.4.

Mätkoder

Under förra mätningen användes 34 olika mätkoder för grensletruck och 36 mätkoder för kranar. Nedan presenteras varje mätkod samt dess definition. Varje mätpunkt började med att observatören registrerade en händelse, alltså vad maskinen gjorde för tillfället.

För grensletruckar använde APM händelser enligt Tabell 4.1:

Tabell 4.1: Händelser grensletruckar

Händelse	Förklaring
Grab at quay	När SC står still och plockar upp en container på kajkanten.
Driving with container	All tid som SC kör med en container som inte loggas under en annan händelse
Driving without container	All tid som SC kör utan en container, som inte loggas under en annan händelse
Driving over row	Den tiden som SC kör över raden med container.
Grab at yard	När SC står still och skall plocka upp en container inne på containerparken.
Drop at yard	När SC står still och släpper ner en container inne på containerparken.
Drop at quay	När SC står still och släpper ner en container på kajkanten.
Queuing at quay	När SC står i kö med andra SC framför sig innan den kan komma fram till QC
Waiting for QC	Den tiden när SC står först i kön till QC men inte kan köra fram för den väntar på kranen.
Stop	Den tiden SC står still och det inte passar att logga inom någon annan händelse.
Queuing at yard	Den tiden SC står i kö i containerparken.
Refueling	Den tiden som går åt till att tanka.

Under varje händelse kunde sedan observatörerna registrera stoppkoder, enligt Tabell 4.2, när arbetet skilde sig från det normala.

Tabell 4.2: Stoppkoder grensletruckar

Stoppkoder	Förklaring
Breakdowns	Tiden SC står still på grund av haveri, innefattar samtliga fysiska fel med maskinen.
Waiting for instructions	Den tid en SC inte kan köra för att den väntar på instruktioner om vilken container som skall plockas upp härnäst.
Out of gauche	Out of gauche betyder att det är en container som inte är av standardmått. Detta gör att SC måste köra och hämta specialverktyg för att kunna lyfta den. Denna mätpunkt registrerar hur lång tid det tar från att SC blir tilldelad en OOG container fram till den är tillbaka och kan lyfta normala containers igen.
Break bulk	Den tiden SC kör stycke gods, det vill säga inte containers utan enstaka pallar eller kollin med varor.
Reefer wrong engine direction	När en kylcontainer står med kylaggregatet åt fel håll vilket gör att SC måste sätta ner den och sedan köra runt och ta den från andra hållet för att få kylaggregatet åt rätt håll.
Refueling	Den tiden som SC står och tankar
Driver change	Mättes aldrig men skulle ha mätts genom att logga när SC förare gjorde sig otillgänglig och körde bort mot förarbyte och slutat loggas när SC var tillbaka och kunde börja köra igen.
Replan, wrong container	När SC har lyft fel container och måste köra och sätta tillbaka den, samt när SC har lyft en container men det blir en omplanering av hur containrar skall stå på fartyget och därför ej kan lämna containern.
Reassigned to other flow	Tiden det tar för en SC att byta arbetsuppgifter. Exempelvis att SC körde på kran K7 och nu skall den köra på kran K8 istället.
Other traffic issues	En generell mätpunkt för alla trafikproblem som inte har en specifik felkod.
Other uncategorized losses	Om ett stopp inte har en kategori så skall de registreras här.
Hatch cover guard	Den tid en SC står och vaktar när hatch cover lyfts av eller på fartyget
Searching for container	Den tiden en SC letar efter en container. Exempelvis att en container inte står där datorn säger att den skall vara och SC får köra och leta efter den i containerparken.

Vidare kunde observatörerna använda kommentarskoder, enligt Tabell 4.3, för att förklara den redan registrerade händelsen och stoppkoden.

Tabell 4.3: Kommentarer grensletruckar

Kommentar	Förklaring
Dual-cycling	Används som kommentar när det körs dual-cycling.
Discharge container	Import container
Loading container	Export container
Housekeeping	Används som kommentar när SC är på parkflytt där SC flyttar containers mellan olika containerparker.
Empty container	När SC kör en tom container
Reefer container	När SC kör en kylcontainer
Shifting during operations	När föraren manuellt styr spreader för att fånga container
Twinlift	När man lyfter två 20-fot containrar på en gång.
Grab with use of spreader automation	När man använder automatisk spreader för att fånga container.

Precis som för grensletruckar så loggades observationerna för kranar med händelser, se Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Händelser kranar

Händelse	Förklaring
Spreader touch	Tiden spreader rör vid containern från kajkanten
Lock	När spreadern låser fast i containern
Move (with container)	När kranen kör med en container
Move (empty spreader)	När kranen kör utan en container
Container touch	När den lyfta containern sätts på en container på fartyget
Unlock	Tiden från att container står där den skall tills spreadern är lös.
Wait for HT discharge	Väntar på SC vid avlastning från fartyg
Wait for HT load	Väntar på SC vid lastning av fartyg
Gantry	Tiden det tar att flytta kranen mellan de olika raderna containrar på fartyget.
Driver change	Förarbyte
Stops	Alla stopp som inte har en egen händelse
Wait for coning and deconing	När kranen väntar på konplockning
Hatch cover move	När luckorna till fartygets lastutrymme lyfts av och på
Wait for miscellaneous	All väntan som inte har en egen händelse
Replan/Wrong container	När kranen lyfter fel container eller behöver omplacera en container på fartyget.

De stoppkoder som sedan loggades under dessa händelser framgår av Tabell 4.5.

Tabell 4.5: Stoppkoder kranar

Stoppkod	Förklaring
Stoppage (B/D)	Tiden QC står still på grund av haveri, dvs samtliga fysiska fel
No job to do	När kranen inte har något att göra
Crane operator change	Förarbyte
Wait for coning/deconing	När kranen väntar på konplockning
Special handling (OOG/BBK)	När QC kör icke-standard laster
Hatchcover move	När luckorna till fartyget lyft av eller på
Boom	När armen på QC höjs och sänks
Uncategorized loss	Andra förluster som inte har en egen kategori
Wait for lashing/unlashing	Väntar på att personal på båten skall lossa surrningen på containers
Replan/Wrong container	När kranen lyfter fel container eller att den behöver omplacera en container på fartyget.
Damage cell guides	Skadat guidningssystem på fartyget
Wait for miscellaneous	All väntan som inte har en egen händelse
Unlocking @ height	Lossning av twistlocks från kranens spreader

Vidare använde APM även koder för att lägga in kommentarer angående händelser och stoppkoder, se Tabell 4.6.

Tabell 4.6: Kommentarer kranar

Kommentar	Förklaring
Dual cycling	Används som kommentar när det körs dual-cycling
Discharge container	Import container
Loading container	Export container
Chassis (to/from chassis)	Last och loss från mafivagn
Empty container	När QC lyfter en tom container
Reefer container	När QC lyfter en kylcontainer
Shifting (Cell to cell restow)	När QC flyttar container från en cell på fartyget till en annan
Twinlift	När man lyfter två 20 fots containers på en gång

4.4.3 Mätcykel

En mätcykel från att grensletruck hämtar upp en container tills nästa gång den hämtar en ny container ser ut enligt följande:

1. Lyfter upp en container på kajen
2. Kör med container fram till containerparken
3. Kör över en rad i containerparken
4. Sätter ner containern i containerparken
5. Kör över rad i containerparken
6. Kör utan container
7. Lyfter upp en container på kajen

Figur 4.7 visar exempel på ett antal mätcykler för en grensletruck. På mätpunkt 1 i mätcyklen finns det följande kommentarskoder registrerade där B står för att det är en import container samt koden e vilket betyder en tom container.

Task Name	Start Date	Start Time	End Date	End Time	Duration (hours)	Comment	Parent Task
Driving without container	2017-03-30	14:34:37	2017-03-30	14:36:01	0,02333		
Grab at quay	2017-03-30	14:36:01	2017-03-30	14:36:11	0,00278	B e	
Driving with container	2017-03-30	14:36:11	2017-03-30	14:37:15	0,01778		
Driving over row	2017-03-30	14:37:15	2017-03-30	14:38:06	0,01417		
Drop at yard	2017-03-30	14:38:06	2017-03-30	14:38:25	0,00528		
Driving over row	2017-03-30	14:38:25	2017-03-30	14:39:05	0,01111		
Driving without container	2017-03-30	14:39:05	2017-03-30	14:41:48	0,04528		
Waiting for QC	2017-03-30	14:41:48	2017-03-30	14:47:50	0,10056		
Grab at quay	2017-03-30	14:47:50	2017-03-30	14:48:26	0,01	B e	
Driving with container	2017-03-30	14:48:26	2017-03-30	14:50:46	0,03889		
Driving over row	2017-03-30	14:50:46	2017-03-30	14:50:57	0,00306		
Drop at yard	2017-03-30	14:50:57	2017-03-30	14:51:08	0,00306		
Driving over row	2017-03-30	14:51:08	2017-03-30	14:51:30	0,00611		
Driving without container	2017-03-30	14:51:30	2017-03-30	14:53:14	0,02889		
Queuing at quay	2017-03-30	14:53:14	2017-03-30	14:53:34	0,00556		
Waiting for QC	2017-03-30	14:53:34	2017-03-30	14:56:18	0,04556		
Grab at quay	2017-03-30	14:56:18	2017-03-30	14:56:31	0,00361	B e	
Driving with container	2017-03-30	14:56:31	2017-03-30	14:58:35	0,03444		
Driving over row	2017-03-30	14:58:35	2017-03-30	14:58:49	0,00389		
Drop at yard	2017-03-30	14:58:49	2017-03-30	14:58:56	0,00194		
Driving over row	2017-03-30	14:58:56	2017-03-30	14:59:20	0,01667		
Driving without container	2017-03-30	14:59:20	2017-03-30	15:00:55	0,06597		
Waiting for QC	2017-03-30	15:00:55	2017-03-30	15:01:50	0,01528		
Grab at quay	2017-03-30	15:01:50	2017-03-30	15:02:19	0,00806	B e	
Driving with container	2017-03-30	15:02:19	2017-03-30	15:04:29	0,03611		

Figur 4.7. Exempel på mätcykel grensletruck, APM (2019).

En mätcykel från att kranen lyfter en container tills nästa gång den lyfter en ny container ser ut enligt följande:

1. När spreader kommer i kontakt med containern nere på kajkanten
2. När spreader låses fast i containern
3. Kranen lyfter containern upp till fartyget
4. Containern kommer i kontakt med en annan container på fartyget
5. När spreader lossas från containern
6. Kranen rör sig utan en container
7. En händelse väntan registreras men stoppkod diverse
8. Kranen rör sig utan container
9. När spreader kommer i kontakt med containern nere på kajkanten

Figur 4.8 visar exempel på ett mätcykler för en kran. På mätpunkt 3 i mätcykeln registreras en kommentar C vilket betyder att det är en export container.

Task Name	Start Date	Start Time	End Date	End Time	Duration	Comments	Parent	Link
Spreader touch	2017-03-30	13:07:13	2017-03-30	13:07:17	0,00111			
Lock	2017-03-30	13:07:17	2017-03-30	13:07:19	0,00056			
Move (with container)	2017-03-30	13:07:42	2017-03-30	13:08:40	0,01611	C		
Container touch	2017-03-30	13:08:40	2017-03-30	13:09:13	0,00917			
Unlock	2017-03-30	13:09:13	2017-03-30	13:09:17	0,00111			
Move (Empty spreader)	2017-03-30	13:09:17	2017-03-30	13:09:19	0,00056			
Wait for miscellaneous	2017-03-30	13:10:25	2017-03-30	13:10:31	0,00167		Waiting	
Move (Empty spreader)	2017-03-30	13:10:37	2017-03-30	13:10:48	0,00306			
Spreader touch	2017-03-30	13:10:48	2017-03-30	13:11:01	0,00361			
Lock	2017-03-30	13:11:01	2017-03-30	13:11:23	0,00611			
Gantry	2017-03-30	13:11:23	2017-03-30	13:12:40	0,02139			
Move (with container)	2017-03-30	13:12:40	2017-03-30	13:13:32	0,01195	C		
Container touch	2017-03-30	13:13:32	2017-03-30	13:13:43	0,00306			
Unlock	2017-03-30	13:13:43	2017-03-30	13:13:45	0,00056			
Move (Empty spreader)	2017-03-30	13:13:45	2017-03-30	13:14:47	0,01722			
Spreader touch	2017-03-30	13:14:47	2017-03-30	13:14:52	0,00139			
Lock	2017-03-30	13:14:52	2017-03-30	13:15:48	0,01556			
Move (with container)	2017-03-30	13:15:48	2017-03-30	13:16:12	0,00667	C		
Container touch	2017-03-30	13:16:12	2017-03-30	13:16:20	0,00222			
Unlock	2017-03-30	13:16:20	2017-03-30	13:16:25	0,00139			
Move (Empty spreader)	2017-03-30	13:16:25	2017-03-30	13:17:00	0,00972			
Gantry	2017-03-30	13:17:00	2017-03-30	13:17:41	0,01139			
Spreader touch	2017-03-30	13:17:41	2017-03-30	13:17:46	0,00139			
Lock	2017-03-30	13:17:46	2017-03-30	13:17:52	0,00167			

Figur 4.8. Exempel på mätcykel för kranar, APM (2019).

4.4.5 Beräkningen av OEE

I detta avsnitt presenteras hur APM beräknar sitt OEE-tal för närvarande.

Tillgänglighet

Genom att mäta tiden som samtliga händelser och stoppkoder tar fås ett faktiskt tal för hur många tidsenheter som går åt. Detta sätts sedan i relation till den totala tiden, ekvation (4-1), vilket leder till att varje händelse och stoppkod motsvarar en procentsats av den totala tiden.

$$T = \frac{\text{Faktiskt tid för en händelse/stoppkod}}{\text{Total mättid}} \quad (4-1)$$

Operationseffektivitet

APM tar fram ett "Baseline period productivity" för antalet lyft från och till kaj vilket är ett medelvärde för hur mycket de har planerat att producera, i enheten GMPH (Gross Moves Per Hour), under perioden. Det verkliga antalet lyft som registrerats i mätningen divideras sedan med baseline period productivity enligt Ekvation (4-2).

$$O = \frac{\text{Antal registerade lyft}}{\text{Baseline period productivity}} \quad (4-2)$$

Detta tal används dock ej i varken visualiseringen eller beräkningen av deras OEE-tal utan APM använder på samma sätt som i tillgängligheten en ekvation (4-3) för att få fram en procentsats för varje händelse och stoppkod.

$$O = \frac{\text{Faktiskt tid för en händelse/stoppkod}}{\text{Total mättid}} \quad (4-3)$$

Kvalitetsutbyte

Kvalitetsutbyte har inte använts av APM vid sin förra mätning.

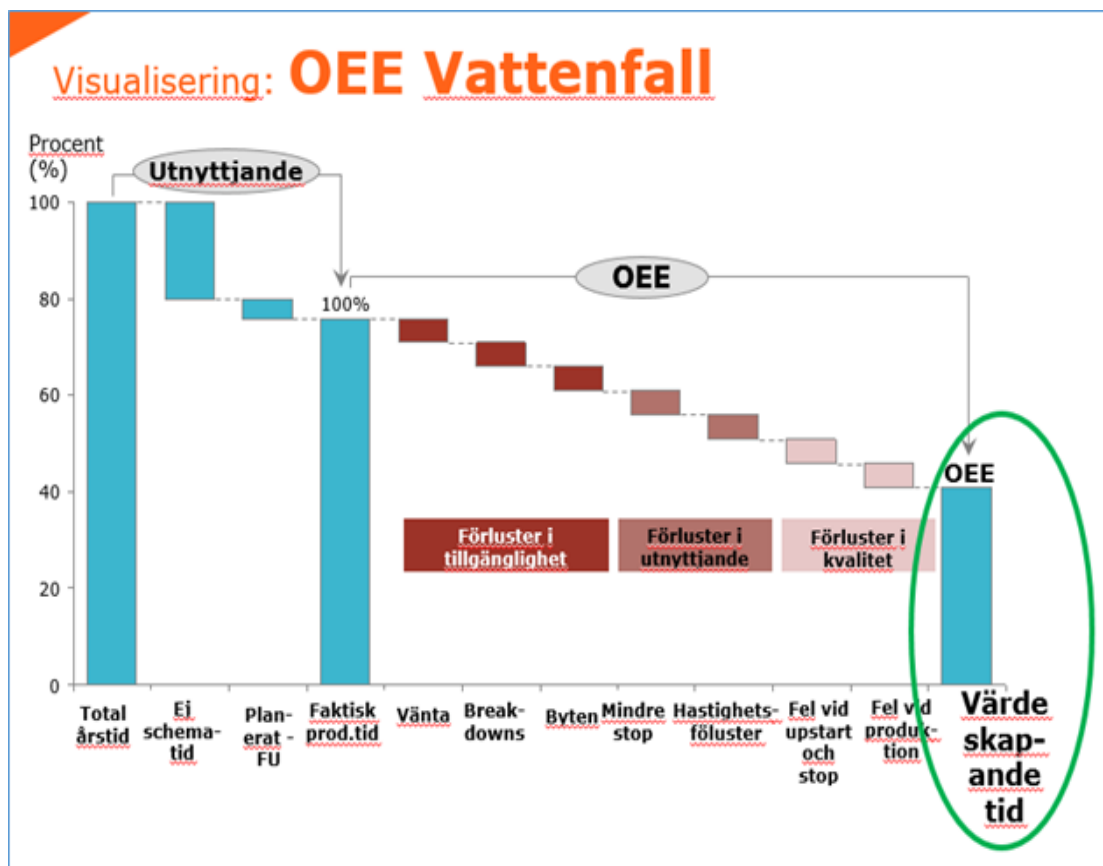
Sammanfattande beräkning

APM har utfört sina beräkningar enligt Ekvation 4.4. APM har istället för att använda standardformeln för OEE, Ekvation (3-1), beräknat hur mycket varje händelse och stoppkod motsvarar i förhållande till den totala tiden, Ekvation (4-1) och Ekvation (4-3). Därefter har de subtraherat dessa värden från 100% för att få fram ett OEE-tal, Ekvation (4-4).

$$OEE = 100\% - T - O \quad (4-4)$$

4.4.6 Visualisering

APM valde att visualisera resultatet från sin OEE-mätning med ett vattenfallsdiagram, se Figur 4.9. Detta diagram skall visa hur stor del av den faktiska produktionstiden som är värdeskapande efter att icke-värdeskapande aktiviteter har subtraherats.



Figur 4.9: Exempel på ett vattenfallsdiagram, APM (2019).

4.5 APM:s uppfattning om problemen med nuvarande mätmetod

Ett av de största problemen respondenterna på APM lyfter fram är hur omfattande och tidsintensiv mätningen var. På grund av detta krävdes det stora personalresurser vilket ledde till att de fick ta in extra personal för att kunna utföra alla mätningar. Personalen var interna tjänstemän från olika avdelningar, observatörer från huvudkontoret i Haag samt kollegor från Århus och Zeebrugge. Ingen av de observatörer som utförde mätningarna var grensle- eller kranförare vilket betyder att de hade ingen eller begränsad kunskap om hur maskinerna fungerade. Detta ansågs kunna ha påverkat mätningarna då de ej var vana vid produktionsmiljön.

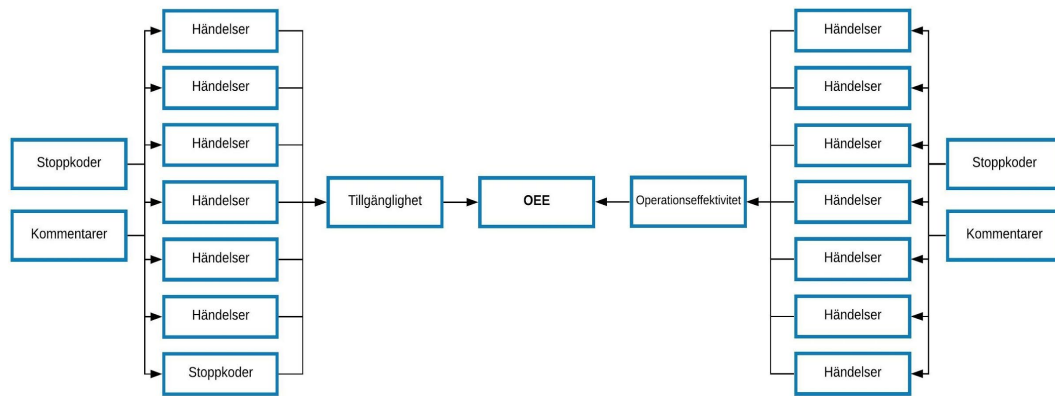
Den föregående mätningen var lagd under en tid med produktionsstörningar och dessutom veckan före en större förändring i körupplägget. Detta ansågs kunna ha påverkat resultatet då körtiden för förarna ändrades vilket ledde till tätare förarbyte som påverkar mätningen. Då tilldelningen för observatörer till förare gjordes efter förarens naturliga körpass så saknade mätningen tiden för förarbyte och skiftbyten. Det framkom även att observatörer bemöttes på olika sätt av förare vilket kan ha lett till försämrade möjligheter att mäta på ett korrekt sätt.

Respondenterna ansåg även att det var för många alternativ på händelser och stoppkoder som skulle mätas, främst vid grenslekörning. Flera av händelserna ansågs vara ologiska och för detaljerade vilket inte skapar något mervärde för den analysen som gjordes senare. Att de var så detaljerade ledde även till en del uppenbara felmätningar. Detta framkom i efterhand då alla mätpunkter granskades och rättades. Detta kan enligt respondenterna även kopplas till tidigare nämnd uppfattning om att observatörerna ej var vana vid produktionsmiljön.

Applikationen som användes för att registrera mätningarna ansågs vara enkel att använda, bortsett från tidigare nämnd uppfattning om att det var för många händelser och stoppkoder vilket försvårade möjligheten till korrekt mätning. Respondenterna menar dock att överföringen från applikationen till Excel-dokumentet och sammanställning var omständigt. Även beräkningen och omvandlingen till ett resultat ansågs vara väldigt omfattande och svårt. Detta gjorde att resultatet dröjde och likaså feedbacken till förare och observatörer. Analysarbetet av resultatet var undermålig och användes inte i den grad som respondenterna hade förhoppningar på samt så saknades uppföljning. Detta motiverar respondenterna med att visualiseringen av resultatet var otydlig, att det tog för lång tid samt att resultatet var svårförståeligt.

Ett annat problem som respondenterna tar upp är en otydlig processbeskrivning samt ägarskap. Processen med OEE ägdes av personen i rollen som Business Process Manager på OPS som även var den som initierade, planerade, genomförde och fick fram resultatet. Dock låg ägandeskapet av analys och beslut om åtgärder hos någon annan vilket inte var tydligt kommunicerat. En tydligare processbeskrivning efterfrågas vilket skulle underlätta arbetet för de berörda personerna. Respondenterna förklarar även att då nuvarande metod är oerhört tidskrävande försvårar det möjligheten att skala ner till mindre omfattande mätningar.

4.6 APM:s modell för OEE



Figur 4.10: APM:s nuvarande modell för OEE

APM:s metod bygger på att observatören registrerar en grundhändelse och sedan registrerar kommentarer och stoppkoder under denna händelse, se Figur 4.7 för exempel.

5. ANALYS

Detta kapitel kommer att jämföra APM:s nuvarande metod för att göra en OEE-mätning med den teori som lagts fram i teorikapitlet. Vidare presenteras studiens rekommenderade mätförfarande och mätkoder. Kapitlet avslutas med rekommendationer för analysering och visualisering av en OEE-mätning.

5.1 Mätförfarande

I detta kapitel presenteras den analys som gjorts av APM:s mätförfarande.

5.1.1 Nuvarande mätförfarande

Enligt teorin kan mätningar av OEE göras på följande tre sätt, mätningar utförda av ordinarie driftspersonal, mätningar utförda av extrainkallad personal samt automatiska mätningar. APM:s nuvarande metod gjordes genom halvautomatiska mätningar av extrainkallad personal. Detta kan enligt både Ljungberg (2000) samt Nord och Johansson (1997) vara fördelaktigt då extrainkallad personal kan göra en mer detaljerad notering angående de stopp och brister som finns eftersom de kör utrustningen. Vidare menar de att eftersom mätningen inte görs av ordinarie personal kan den extrainsatta personalen komma med nya synpunkter och förbättringsförslag då de kommer in med nya ögon. Enligt respondenterna på APM framkom vissa synpunkter från observatörerna som inte hade att göra med OEE-talet i sig men som var av nytta för företaget. En nackdel som Nord och Johansson (1997) lyfter fram med denna typen av mätning är att operatörerna lättare kan undvika att engagera sig i mätningen samt att alla operatörer inte vill medverka då de känner sig övervakade. Enligt TPM är det viktigt att operatörerna är involverade i förbättringsarbetet. Vid mätningar utförda av extrainkallad personal riskeras operatörernas medverkan och involvering att påverkas.

Respondenterna på APM menar att den extrainkallade personalen hade svårt att alltid mäta rätt då det var många moment som skulle registreras och eftersom observatörerna inte var vana vid produktionen ledde detta till många felmätningar. Detta resulterade i mycket extraarbete där personal fick sitta och gå igenom samtliga mätpunkter för att försöka hitta de mest självklara felmätningarna. Med utgång från respondenternas svar och teorin rekommenderas ett mer användarvänligt tillvägagångssätt med färre mätkoder för att minska möjligheten för felregistreringar av observatören.

5.1.2 Manuell mätning

En metod med färre mätkoder skulle möjliggöra registrering av mätpunkterna manuellt med en stoppklocka i ett standardiserat arbetsdokument. Ett exempel på ett sådant dokument redovisas i Bilaga 2. I detta dokument fyller observatören i antal sekunder som stoppet varade under den korrekta rubriken. Då det är betydligt färre mätkoder för observatörerna att hålla reda på bör antalet felmätningar minska. Vid förarbyte lämnar observatören klockan tickande i hytten för att nästa observatör skall kunna fylla i tiden för förarbytet. Dessa dokument samlas sedan in och sammanställs i ett kalkylark för att kunna visualiseras och analyseras på ett korrekt sätt.

Denna mätmetod lämpar sig inte för mätning utförd av ordinarie personal då det skulle påverka operatörens arbetsuppgifter och säkerheten i terminalen negativt. Extrainskallad personal är nödvändig vid denna typ av mätmetod då de endast behöver fokusera på att observera och anteckna.

En av fördelarna med denna variant av mätning är att det inte kräver speciellt mycket förberedande arbete utan går att genomföra relativt snart. Nord och Johansson (1997) påpekar även att extrainskallad personal kan komma in med nya ögon och upptäcka brister i produktionen som den ordinarie personalen missar. Det kan även medföra kompetenshöjning och ökad förståelse för det dagliga arbetet hos observatörerna.

Då en observatör måste följa med i maskinen kan detta leda till att operatören känner sig övervakad. Eftersom operatörerna inte utför mätningen kan de enligt Nord och Johansson (1997) lättare undvika att engagera sig i mätningen. Vidare har inte extrainskallad personal samma inblick i produktionen som ordinarie personal vilket gör att vissa stopp tar längre tid att upptäcka. Detta kan resultera i att stoppen ser kortare ut än vad de egentligen är (Nord & Johansson, 1997). Då denna mätmetod använder sig av extrainskallad personal för att kunna genomföra mätningen bör det leda till ökade lönekostnader för företaget. Eftersom all data samlas in i fysisk form blir efterarbetet med digitalisering av data omfattande och tidskrävande vilket också ökar företagets kostnader.

5.1.3 Halvautomatisk mätning

En halvautomatisk mätning skulle exempelvis fungera genom att observatören registrerar mätpunkterna i en enklare applikation. Denna applikationen skulle enkelt kunna registrera den tid en specifik händelse tar och lagra den datan digitalt, se Figur 5.1. Då det är betydligt färre mätkoder för observatörerna att hålla reda på bör antalet felmätningar minska. Vid förarbyte lämnar observatören händelsen förarbyte tickande så att nästa observatör stoppar händelsen när maskinen åter är tillgänglig.

Denna mätmetod lämpar sig både för mätning utförd av ordinarie personal och extrainskallad personal. Detta då det inte skulle påverka operatörens arbetsuppgifter eller säkerheten i terminalen negativt.

Vid denna typ av mätning finns det en rad fördelar jämfört med vid manuell mätning. Applikationens enkla utformning och tydlighet minimerar möjligheterna till att registrera händelser fel. Vidare är det en fördel att all data registreras digitalt då manuellt efterarbete minimeras. Detta kan ses som en kostnadsbesparing då det inte går åt personaltimmar till att digitalisera datan manuellt. Företaget kan då börja analysera och använda den insamlade data tidigare.

En applikation skulle också leda till att om företaget vill göra en större och mer genomgripande mätning med extrainskallad personal kommer det finnas en enklare metod och hjälpmedel för att utföra det och för att registrera och analysera datan.



Figur 5.1: Visualisering av hur en applikation skulle kunna se ut.

Mätning utförd av ordinarie personal

Det finns en del fördelar med att använda ordinarie personal till mätningarna. Ljungberg (2000) lyfter fram att kontinuerliga mätningar utförd av ordinarie personal kan leda till att personalen får en djupare förståelse för hur problemen uppstår. Att mätningen utförs av operatörer som är vana vid utrustningen gör att risken för felregistreringar minskar drastiskt. Ordinarie personal vet vad nästa steg i händelseförloppet kommer vara och har därför lättare för att registrera händelsen direkt när den uppstår. Detta leder till en reducerad operatörsväntan och att stoppets registrerade tid bättre motsvarar den verkliga tiden än vid mätningar utförda av extrainkallad personal.

De nackdelar som finns med att använda ordinarie personal till att utföra mätningarna är att personalen kan vara hemmablind och inte upptäcka vissa fel och brister då de felen och bristerna blivit normaliserade. Vidare lyfter Nord och Johansson (1997) upp att ordinarie personal kan uppleva det som ett sätt att kontrollera individens produktionsresultat trots att det är till för att undersöka maskinens effektivitet. Detta kan leda till att ordinarie personal inte är engagerade nog vilket gör att de undviker att registrera allt. Vidare kan det, om utformningen på mätningen inte är bra, påverka personalens ordinarie arbetsuppgifter.

Mätning utförd av extrainkallad personal

När mätningen utförs av extrainkallad personal framkommer en del fördelar som inte finns vid ordinarie personal. En fördel är att det kommer in personal som inte är van vid produktionsmiljön och därför lättare kan upptäcka brister i produktionen som ordinarie personal anser vara normalt. Respondenterna från APM lyfte fram detta som en positiv bieffekt vid föregående mätning. Nord och Johansson (1997) menar att mätning utförd av extrainkallad personal kan ses som en kompetenshöjning då de får en större förståelse för verksamheten som de kan ta med sig tillbaka till sina ordinarie arbetsuppgifter. Detta lyfte respondenterna från APM upp som en stor fördel med föregående mätning då personal som normalt sett arbetar på kontoret fick en bättre helhetsbild av arbetsgången i terminalen.

En nackdel med att de ej är vana vid produktionsmiljön är att den extrainkallad personalen inte vet vilket moment som kommer närmast och att det därför kan uppstå så kallad observatörsväntan, vilket kan leda till felaktigheter gällande tid för varje händelse. Det kan i efterhand vara svårt att identifiera dessa tidsfel då det endast handlar om kortare tidsperioder för varje moment. Den ackumulerade tiden för observatörsväntan kan dock vara omfattande vid många mätpunkter. Likt vid manuell mätning kan operatören känna sig övervakad när observatören sitter bredvid och registrerar varje händelse. Detta kan få en negativ effekt på operatören vilket enligt respondenterna inträffade vid föregående mätning. Vidare kan användandet av observatörer som måste fråga sina ordinarie arbetsuppgifter leda till ökade kostnader för företaget då annan personal måste täcka upp för dem.

5.1.4 Helautomatisk mätning

En helautomatisk mätning har fördelen att varken ordinarie eller extrainkallad personal behövs för att registrera data. En helautomatisk mätning kräver att utrustningen har inbyggd mätutrustning för att kunna registrera samtliga stoppkoder. Detta kräver stora investeringar om inte utrustningen redan har det inbyggt. Nord och Johansson (1997) påpekar att det är vanligt att nyare utrustning har det inbyggt men att många företag väljer att bygga sina egna system som är anpassade för deras verksamhet för att registrera data.

Dock är helautomatiska mätningar mer anpassade för stillastående producerande maskiner och inte för maskiner som förflyttar sig. En automatisk mätning på en rörlig maskin måste kunna bestämma maskinens exakta position och vilket moment maskinen utför. Då maskinen befinner sig i ett flöde behöver systemet även kunna ta hänsyn till samtliga maskiner i produktionen för att kunna bestämma stoppkod och registrera det korrekt. Detta kräver att företaget utvecklar ett helt eget system som måste vara oerhört avancerat.

5.1.5 Mätetalen

Detta avsnitt lägger fram hur de olika delarna i en OEE-mätning behöver anpassas för att fungera i en containerhamn.

Tillgänglighet

I APM:s nuvarande metod beräknas tillgängligheten genom att subtrahera tiden för varje händelse och stoppkod som observatörerna har registrerat. Detta arbetssätt stämmer väl överens med hur teorin menar att ett OEE-tal bör tas fram. Något som framkommer är att APM inte har med varken förebyggande underhåll eller "planned corrective maintenance" som produktionstid. Detta menar Bamber et. al. (2003) är fel då det leder till att företaget inte ser underhållet som en förlust och därför inte får ett incitament för att minska tidsåtgången för underhåll. Dock har inte alltid en containerhamn full beläggning på samma vis som en producerande stillastående maskin vilket gör att underhåll kan planeras in under de tider då beläggningen inte kräver att all utrustning används i produktionen. Detta gör att underhåll inte bör vara med i OEE-beräkningen, såvida det inte påverkar produktionen. Den tiden som faktiskt påverkar produktionen bör däremot registreras som icke-värdeskapande. Det är dock viktigt att företaget inte slutar mäta tidsåtgången för underhåll då det troligtvis går att effektivisera.

Tillgänglighet är det delmått av OEE som behöver förändras minst enligt den analys av teorin som gjorts för att anpassas till en containerhamnsmiljö. Detta då tillgänglighet baseras på hur mycket av den totala tiden som försvinner i planerade stopp, oplanerade stopp och ställtid enligt Ekvation (2-5). Ställtid är inget som behövs tas hänsyn till då det inte är en producerande maskin där verktyg behöver bytas och kalibreras inför nästa produkttyp. Precis som vid en producerande stillastående maskin mäts alltså den totala tiden som maskinen står still för haverier och icke-värdeskapande arbete samt den tiden den står still för underhåll som påverkar produktionen. Detta skulle leda till en formel för tillgänglighet som fungerar inom containerhamnsmiljö enligt följande:

$$T = \frac{(Total\ disponibel\ tid - planerad\ stopptid - oplanerad\ stopptid)}{(Total\ disponibel\ tid - planerad\ stopptid)} \quad (5-1)$$

Där planerad stopptid enligt Ljungberg (2000) är stopptid på grund av arbetsfria dagar, avtalat i kollektivavtal, när det inte är ekonomiskt lönsamt, exempelvis nattskift eller till följd av låg efterfrågan. För APM:s terminal i Göteborg finns det inga arbetsfria dagar utan den planerade stopptiden bör beräknas helt utifrån ekonomisk lönsamhet och låg efterfrågan.

Operationseffektivitet

Enligt Nakajima (1992) skall operationseffektivitet användas som ett mått för hur effektivt ett företag arbetar med sin utrustning genom att jämföra hur mycket som produceras med hur mycket utrustningen skulle kunna producera om utrustningen producerat på ideal nivå. APM:s nuvarande metod tar fram operationseffektiviteten på samma sätt som de tar fram tillgängligheten, genom att ta fram ett procenttal för varje händelse och subtrahera den från den totala planerade produktionstiden. Detta sätt att räkna på gör att det inte finns en relation mellan tillgänglighet och effektivitet i deras OEE-tal vilket är vad OEE-talet är till för att ta fram.

Inom OEE används ofta ideal cykeltid när operationseffektiviteten skall tas fram. Detta är dock svårt inom en containerhamnsmiljö då maskinerna inte står still och producerar i ett jämt tempo. Grensletruckarna i en containerhamnsmiljö är fordon och kör olika långa sträckor beroende på var containern skall lastas av eller hämtas. Då det är fysiskt omöjligt att alla containrar skall stå i den containerpark som ligger närmst fartyget där de skall hanteras, fungerar inte ideal cykeltid som ett hjälpmedel för att ta fram operationseffektivitet inom containerhamnsmiljö. Dock går det enligt De Groote (1995) att använda sig av planerad produktion och jämföra det med verklig produktion.

APM tar fram ett mått för planerad produktion som inte används i deras beräkningar för OEE-talet. APM bör använda måttet för att beräkna OEE-talet då operationseffektiviteten beräknas genom att ta verklig produktion dividerat med planerad produktion, enligt Ekvation (2-7). Den planerade produktionen bör vara ett statistiskt tal för att kunna jämföra OEE-tal över tid. Detta gör att planerad produktion bör ersättas med ett tal för maximal produktion som utrustningen någonsin levererat. Anser företaget att utrustningen skulle kunna prestera bättre än detta tal bör även en förbättringspotential adderas. Detta tillvägagångssätt för att beräkna operationseffektivitet är anpassad utifrån Nord och Johansson (1997) metod för att ta fram en ideal cykeltid genom att använda högst noterad hastighet och De Groote (1995) metod för att beräkna operationseffektivitet. Dessa förändringar ger en formel för operationseffektivitet enligt följande:

$$O = \frac{\text{Verklig produktion}}{\text{Högsta noterade produktionen}} \quad (5-2)$$

Kvalitetsutbyte

Kvalitetsutbyte är ett mått på hur många av de producerade produkterna som behöver kasseras eller omarbetas i förhållande till antal producerade produkterna. Detta är något som inte existerar i en containerhamnsmiljö då det inte finns produkter som kasseras på det viset som det gör i en producerande maskin. I en producerande maskin kan de första produkterna behöva kasseras på grund av kalibreringsfel medan i en containerhamn förstörs inte containrar bara för att maskinen är i uppstartsfasen. Detta gör att denna del av OEE-talet alltid kan ses som 100% vid beräkningen av OEE vilket leder till att den bör strykas från OEE-beräkningen.

5.1.6 Modell för OEE-beräkning i containerhamnsmiljö

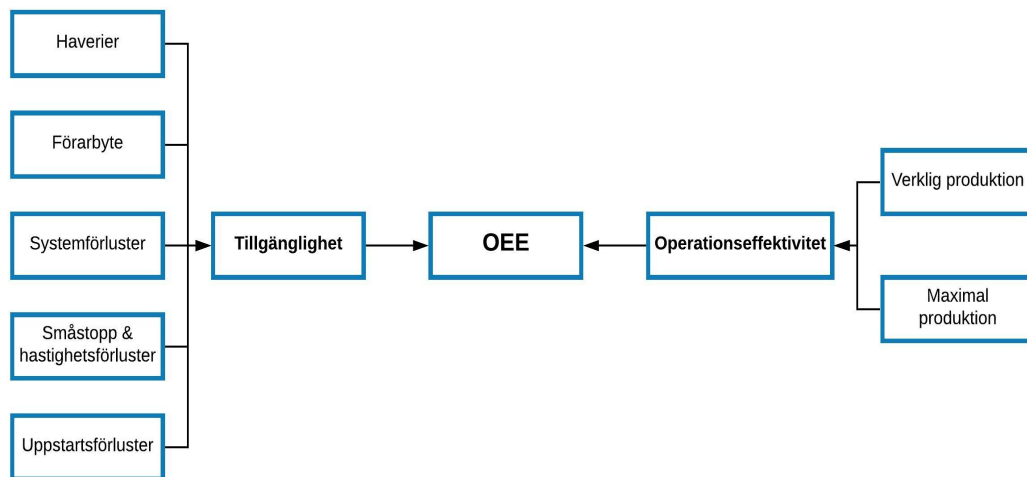
Sammantaget blir APM:s OEE-tal inte ett OEE-tal i teorins mening. Det beror på att APM endast subtraherar procentsatsen för tidsåtgången hos de olika stoppen från 100% och därigenom får fram ett tal, se Figur 4.9. Detta tal visar inget samband mellan tillgängligheten och effektiviteten i terminalen, vilket är vad ett OEE-tal bör visa enligt teorin. APM:s nuvarande metod för OEE-mätning liknar mer en form av tidsstudie än OEE.

Bamber et al (2003) menar att en OEE-mätning och dess utformning går att modifiera efter företagets ändamål. För en lyckad användning av OEE är det viktigt att företaget hela tiden samlar in nödvändig data. Det viktigaste är inte att det görs efter den teoretiska definitionen av OEE utan att det görs på samma sätt varje gång (Johansson & Lesshammar, 1999). Sammantaget leder denna analys till studiens metod för att beräkna OEE-talet i en containerhamn. Denna metod bygger på att samtliga stopp registreras som tillgänglighetsförluster och operationseffektiviteten beräknas genom Ekvation (5-2).

Tillgänglighet och operationseffektivitet multipliceras sedan för att få ett mått som visar ett samband mellan hur bra tillgänglighet utrustningen har samt hur effektivt utrustningen används.

Ekvationen för det samlade OEE-talet blir då:

$$OEE = T \times O \quad (5-3)$$



Figur 5.2: Modell för OEE-beräkningar i containerhamnsmiljö.

5.2 Mätkoder

I detta kapitel analyserar nuvarande mätkoder och av studien rekommenderade mätkoder.

5.2.1 Analys av nuvarande mätkoder

Under detta avsnitt analyseras APM:s nuvarande mätkoder för grensletruck respektive ship-to-shore kran.

Grensletruck

När det kommer till de fyra händelserna *grab at quay*, *drop at quay*, *grab at yard* och *drop at yard* så hjälper inte mätningen av dessa till att beräkna OEE-talet, eftersom de endast talar om var grensletrucken befinner sig geografiskt och hur länge den är där. Vidare har det framkommit att dessa fyra händelser var svåra att mäta på ett korrekt sätt då observatörerna hade svårt att veta när mätningen skulle påbörjas och avslutas. *Driving over row* berättar på samma sätt endast att grensletrucken kör över en rad med containers. Detta är inget som påverkar OEE-talet enligt teorin. Mätkoden *refueling* kan tas bort i befintlig form och omvandlas till en mätkod som tar hänsyn till alla uppstarts-förluster.

De stoppkoder som bör förändras är samtliga koder som har med att köra icke-standard gods, *Out of gauche, break bulk, reefer wrong engine direction*. Dessa koder bör enligt teorin påverka operationseffektiviteten då det är hastighetsförluster som avviker från den ideala cykeltiden. Därför bör de inte även mätas som en tillgänglighetsförlust då de i sådana fall påverkar OEE-talet dubbelt. Vidare bör data angående antal lyft som gjorts med icke-standard gods registreras i transportsystemet och därigenom går det att få fram den väsentliga informationen utan att mäta dessa punkter. Punkten *refueling* bör strykas också då den redan har en händelse som kommer omvandlas till en mätkod som tar hänsyn till samtliga uppstartförluster. De två generella mätkoderna *other traffic issues* och *other uncategorized losses* bör slås samman till en gemensam generell mätkod, *other losses*. Detta främst då observatörerna hade svårt att veta vilken stoppkod som skulle registreras när, samt att de två mätkoderna står för en väldigt liten del av den totala förlorade tillgängligheten.

Mätkoden *waiting for instructions* bör strykas då väntetiden är nästintill obefintlig med det nya datorsystem som används nu enligt respondenter på APM. Vidare är det svårt för observatörer att veta när grensletrucken väntar på instruktioner. Detta bör också ses som ett småstopp vilket enligt teori skall påverka operationseffektiviteten istället för tillgängligheten.

Reassigned to other flow bör strykas därför att när grensletrucken byter från en kran till en annan inte bör påverka mätetalet OEE. Grensletrucken får nya instruktioner att den istället för att lyfta en container skall till den kranen den jobbat på, skall köra till en annan kran och jobba där istället. Om denna transportväg blir lång bör det registreras som *driving without container* ändå.

Searching for container är en hastighetsförlust och kommer påverka effektivitetsmättet och bör därför inte registreras.

De kommentarer som använts tidigare har teoretiskt sätt ingen påverkan på OEE-resultatet då de endast berättar vilken typ av container som hanteras och vilken typ av lyft grensletrucken utför. Denna typ av information går att få ut från grensletruckarnas körplaner och kan istället hämtas därifrån vid behov.

Ship-to-shore kran

Vid analys av de olika händelser och stoppkoder som användes vid föregående mätning gällande kranar framkommer att flertalet av dessa är överflödiga. Händelserna *Spreader touch, Lock, Container touch* och *Unlock* är händelser som endast registrerar ett kort moment då kranens spreader träffar containern och låser eller låser upp. Detta är händelser som tidsmässigt varar i ett fåtal sekunder vilket gör att de inte har en särskilt stor påverkan på resultatet samt att det är lätt för personalen att registrera dessa på fel sätt. Därför bör dessa händelser tas bort i den nya modellen.

Händelsen *Move (with container)* är den del av arbetet som anses vara värdeskapande och behöver därför ej mätas. Detta då alla händelser som bör registreras är händelser då kranen ej kör med container vilket resulterar i att kvarvarande tid är den tiden som kranen faktiskt kör med en container.

Händelsen *Wait for miscellaneous* bör göras om och hamnar istället under *Other losses* eftersom all väntan skall räknas som stopp i produktionen. Detta då det teoretiskt sett ej bör vara någon väntan alls.

Stoppkoderna som användes vid föregående mätning behöver ändras och kommer inte ligga kvar som stoppkoder utan kommer vara mätkoder som anses vara icke-värdeskapande. Detta då det teoretiskt inte är någon skillnad på stopp och väntan. Stoppkoden *No job to do* bör endast ske när kranen är klar med sitt arbete på fartyget och därför bör mätningen sluta efter sista containern. *Special handling (OOG/BBK), Boom, Damaged cell guides* och *Unlocking @ height* är stoppkoder som ej visar på något som tillför OEE-mätningen då de händer så pass sällan och tar så kort tid i anspråk. De bör därför hamna under mätkoden *Other losses* för att underlätta för observatören.

De kommentarer som använts tidigare har ingen påverkan på OEE-resultatet då de endast berättar vilken typ av container som hanteras och vilken typ av lyft kranen utför. Denna typ av information går att få ut från fartygets lastplan och kan istället hämtas därifrån vid behov.

5.2.2 Rekommenderade mätkoder

Detta avsnitt presenterar de mätkoder som studien rekommenderar skall användas i den nya metoden. Dessa mätkoder har valts ut efter analys av föregående mätning samt genom diskussioner med APM. Mätkoderna bör enligt studien täcka de mest förekommande förlusterna vilket leder till att APM får ett OEE-tal som de kan använda i sin planering av förbättringsarbetet.

Grensletruck

Nedan presenteras mätkoder och en beskrivning av dessa mätkoder som rekommenderas för grensletruckarna i den nya metoden.

Queuing at yard

Den tid som grensletruck står i kö för att kunna köra in på en container-rad för att en annan grensletruck står i vägen.

Queuing at quay

Den tid som grensletruck står i kö för att kunna köra fram under kranen och lämna eller hämta sin container då en annan grensletruck står före i kön.

Waiting for QC

Den tid som en grensletruck står och väntar på kranen.

Hatch cover guard

Den tid som en grensletruck står och vaktar vägen bakom kranen när luckorna till lastutrymmet lyfts av eller på fartyget.

Driver change

Den tid det tar för en grensletruck från det att föraren gör sig otillgänglig för nya arbetsuppgifter tills den nya föraren är tillgänglig.

Breakdowns

Den tiden som en grensletruck står still på grund av haverier. Det vill säga den tiden från att ett stopp uppstår tills grensletrucken är tillgänglig igen.

Other losses

All tid som grensletrucken står still som inte har en egen mätkod skall registreras under denna mätkod.

Driving without container

Den tid som en grensletruck kör utan en container i oket.

QC breakdown

Den tiden en grensletruck väntar för att kranen står still på grund av ett haveri.

Start-up losses

Den tiden som det tar att tanka och starta upp grensletrucken första gången den används för dagen.

Replan/Wrong container

Här registreras den tiden som går åt när grensletruck lyft fel container eller trafikplaneraren omplanerar ordningen containrar skall lyftas i. Vidare registreras även de gånger grensletrucken behöver flänsa, det vill säga att grensletrucken måste flytta en container för att komma åt rätt container.

Ship-to-shore kran

Nedan presenteras de mätkoder som rekommenderas för kranarna i den nya metoden.

Waiting for HC load

Den tid som kranen väntar på att en grensletruck skall köra fram nästa container som skall lyftas på fartyget.

Waiting for HC discharge

Den tid som kranen väntar på att kunna ställa ner containern på kajen då det ej finns en ledig plats.

Operator change

Den tid som det tar vid byte av kranförare och bör räknas från det att föraren ställer av sista containern tills det att nästa förare börja köra.

Breakdowns

Den tid som kranen står still till följd av någon form av haveri.

Hatch cover

Den tid som går åt att lyfta av eller på luckorna till lastutrymmet.

Gantry

Den tid som går åt när kranen förflyttas på rälsen för att komma till rätt fartyg eller bay på fartyget.

Waiting for coning/deconing

Den tid som kranen väntar på att markpersonalen tar av eller sätter på twistlocks på container.

Waiting for lashing/unlashing

Den tid det som kranen väntar på att personalen på fartyget skall ta loss surningen på containrar.

Other losses

All tid som kranen står still som inte har en egen mätkod skall registreras under denna mätkod.

Running without container

Den tid som går åt när kranen kör tillbaka till fartyg eller kaj utan en container.

Replan/Wrong container

Den tid som går åt när kranen lyfter fel container eller behöver omplacera en container på fartyget.

5.3 Analys av en OEE-mätning

Nord och Johansson (1997) belyser hur viktigt det är för företaget att analysera resultatet av en OEE-mätning och kartlägga de felorsaker och identifiera förbättringspotentialer. De rekommenderar företaget att använda en verktygslåda för att kunna analysera resultatet, se Tabell 2.4. Respondenterna på APM menar att analysen av resultatet inte blev lyckat förra gången på grund av oklarheter gällande vem som hade ansvaret för analysen. APM bör därför vid utförandet av nästa OEE-mätning upprätta en tydlig processbeskrivning. Vidare menar de även att överföringen från mätdokument till resultat var omständligt.

Förutom de sju QC-verktygen rekommenderar Nord och Johansson (1997) även tre andra typer av metoder för att analysera resultatet av OEE-mätningen. SPS och kapabilitetsstudier är inte något som lämpar sig för en containerhamn. Detta då SPS och kapabilitetsstudier fokuserar på serietillverkning med långa serier och i en containerhamn är nästan varje lyft olikt det andra. FMEA är en metod som systematiskt identifierar felrisker både i processer och produkter. Detta är något som borde fungera väl att använda tillsammans med de sju QC-verktygen för att kunna gå på djupet av de stopp som OEE-mätningen påvisar. PM-analys är en mycket tidskrävande metod med höga resurskrav på kompetens, dokumentation och utbildning. En PM-analys kräver enligt Nord och Johansson (1997) även att väldigt få utrustningsförluster återstår när man börjar arbeta efter den. Då detta inte är fallet hos APM och meningen med studien var att ta fram en enklare metod är troligen inte PM-analys rätt metod att använda.

Enligt både Ljungberg (2000) och Nakajima (1992) förespråkar TPM förbättringsgrupper som ett bra sätt att arbeta med de problem som analysen av resultatet tagit fram. Tanken med en förbättringsgrupp är att den skall bestå av flertalet operatörer men också personal från underhållsavdelningen. Meningen är att gruppen efter ett tag skall arbeta självständigt med de förbättringsuppdrag de själva ser behöver göras men också de uppdrag som framkommer vid OEE-mätningar. Detta är något som rekommenderas då ledningen inte kan vara med hela tiden och detaljstyra förbättringsarbetet.

5.4 Visualisering av en OEE-mätning

När resultatet av en OEE-mätning skall visualiseras och presenteras är det viktigt att de olika förlusterna visualiseras tydligt. Vid APM:s föregående OEE-mätning visualiserades deras resultat i ett vattenfalls-diagram som upplevdes rörigt av respondenterna, se Figur 4.4. Detta är ett bra sätt att visualisera tidstillgängligheten på men bör användas tillsammans med ett pareto-diagram för att visa vilka faktorer som är signifikanta. Vidare rekommenderas användande av fiskbensdiagram vid analys och framtagande av förbättringsarbete för att identifiera varför förlusterna uppstår.

Vid föregående mätning visualiserades resultatet per maskingrupp och inte på varje enskild maskin. Detta ger en översiktlig bild av terminalens tidstillgänglighet men för att kunna fokusera förbättringsarbetet bör varje maskin analyseras enskilt då det kan vara stora skillnader mellan maskinerna gällande vilka problem som inträffar ofta. Detta gäller främst för de olika kranarna då de enligt analysen av föregående mätning och efter diskussioner med APM anses vara flaskhalsen i produktionen.

6. SLUTSATSER & DISKUSSION

Detta kapitel presenterar svaren på de frågeställningar som legat till grund för studiens syfte. Vidare presenteras en reflektion av både metodval och resultat. Slutligen ges en rekommendation för vidare studier.

6.1 Slutsats

Syftet med studien var att ta fram en enklare metod för OEE-mätningar på kranar och grensletruckar i en containerhamnsmiljö. Målet med studien var även att denna enklare metod skulle innebära att det krävdes mindre personalresurser, att metoden skulle vara enklare att använda än APM:s nuvarande metod samt att metoden skulle gå att skala upp och ner. Studien har genomförts genom insamlande av data framförallt i dokumentform men också genom intervjuer.

- Vad är OEE och hur används det?

Den teori som studerats visar att OEE är ett mått som visar hur effektivt en maskin används. Måttet OEE är uppbyggt av tre delar, tillgänglighet, operationseffektivitet och kvalitetsutbyte. Produkten av dessa tre delmått bildar mätetalet OEE. OEE används nästan uteslutande på stillastående producerande maskiner och studien har inte funnit någon teori som visar hur OEE kan användas på andra typer av maskiner. Studien har enligt teorin tagit fram en teoretisk referensmodell för hur en OEE-mätning bör utföras.

- Hur ser APM Terminals nuvarande metod ut för OEE-mätningar?

I nulägesbeskrivningen redovisas i detalj hur APM:s nuvarande metod för OEE-mätningar är uppbyggd. Beskrivningen innehåller bland annat hur den föregående mätningen utfördes, vilka mätkoder som användes, hur de olika delarna av OEE-talet beräknats samt hur resultatet av mätningen visualiserades.

- Vilka problemområden finns med APM Terminals nuvarande metod?

De problem som APM själva ser med sin nuvarande metod beskrivs i nulägesanalysen. I analysdelen har de problemområden som framkommit under studien och viktigaste faktorerna som skiljer sig mellan APM:s nuvarande metod och teorin analyserats. Vidare redovisas också hur arbetsgången på terminalen går till samt en beskrivning av de olika maskinerna som studien fokuserar på.

- Hur kan APM Terminals nuvarande arbetssätt gällande OEE-mätningar förbättras med avseende på användarvänlighet, skalbarhet och tidsåtgång?

De brister med APM:s nuvarande metod som framkommit under studien har belysts och metoden för OEE-mätning har förbättrats med avseende på de tre områden som lyfts i frågeställningen. Analysen av nuvarande mätkoder har lett fram till en kortare lista på mätkoder som studien rekommenderar APM att använda. Enligt analysen bör studiens metod med färre mätkoder vara enklare att använda. Studiens metod bör även vara enklare att skala upp och ner då det är färre mätpunkter för observatörerna att registrera. Detta bör möjliggöra en snabbare analys av resultatet. Metoden är även möjlig att använda på enstaka maskiner under en kortare tidsperiod för att få en uppfattning om vilka problem den specifika maskinen har. Även om studiens metod har färre mätpunkter påverkar det inte tiden som går åt för observationerna men efterarbetets tidsåtgång bör minska då antalet mätpunkter blir mindre.

Vidare lyfter studien fram två olika sätt att utföra mätningen av studiens metod där manuell mätning kräver minst förarbete för att implementera men med nackdelen att efterarbetet blir mer resurskrävande. Skulle APM istället införskaffa en applikation likt den studien presenterar i analysen och arbeta enligt studiens halvautomatiska mätmetod kommer enkelheten i mätningen, skalbarheten och tidsåtgången förbättras jämfört med manuell mätning. Detta då bland annat inga fysiska papper behöver användas och all insamlad data direkt digitaliseras.

6.2 Resultatreflektion

Resultatet i analysen är relativt övergripande för hur en OEE-modell i en containerhamn bör se ut. Generellt anses samtliga förslag som studien lägger fram vara genomförbara utan större investeringar från APM:s sida. Förslagen anses dock leda till stora förbättringar angående möjligheterna att utföra OEE-mätningar både på enstaka maskiner eller generellt i hela hamnen. Dessa förändringar skulle också leda till att analys av resultatet sker på APM i Göteborg och inte på huvudkontoret i Haag. Möjligheten till snabbare analys och närheten till operatörerna bör leda till ett mer användbart resultat än vid föregående metod.

Studien har inte funnit någon teori eller tidigare studier där OEE-mätningar har använts i containerhamnsmiljö. Detta kan leda till ett ifrågasättande av OEE som mätsystem i den typen av miljö. Dock menar teorin att OEE går att anpassa efter företags egna önskemål. En förutsättning för att använda resultatet i sitt förbättringsarbete är att företaget utför mätningarna med samma metod varje gång.

6.3 Metodreflektion

Studiens empiri baseras till stor del på sekundärdata genom dokumentinsamling. Detta för att studiens omfattning inte är bred nog för att författarna först skall utföra en mätning själva innan mätmetoden analyseras. Den sekundärdata som samlats in ses som tillförlitlig då både rådata, resultat och analys har samlats in direkt från företaget. Vidare har även intervjuer gjorts med personer ansvariga för den föregående OEE-mätningen. Detta gör att informationen från intervjuerna ses som tillförlitlig.

Litteraturen som använts i studien valdes noga ut och flera olika teorier angående OEE jämfördes. Dock noterades en brist av litteratur och tidigare studier angående effektivitetsarbete i en containerhamnsmiljö.

Fler observationer kunde ha gjorts för att undvika att personliga åsikter hos respondenterna påverkade resultatet av studien. Vid en djupare studie borde andra företag i samma bransch studeras. Detta hade resulterat i att analysen och resultatet kunnat få mer validitet och möjligtvis belyst andra sätt att arbeta med effektivitetsberäkningar.

6.4 Förslag på vidare studier

Då denna studie endast undersökt hur APM:s nuvarande metod kan förbättras och inte undersökt om OEE-beräkningar är det arbetssätt som är bäst lämpat för att använda i en containerhamnsmiljö, rekommenderas vidare studier för att fastställa den bästa metoden.

REFERENSER

- Bowen, G. A. (2009). *Document Analysis as a Qualitative Research Method*. Qualitative Research Journal VO - 9, (2), 27. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- C.J. Bamber, P. Castka, J.M. Sharp, & Y. Motara. (2003). *Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, (3), 223. <https://doi.org/10.1108/13552510310493684>
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, (11–12), 1488.
- Denzin, N. K. (2009). *The research act: a theoretical introduction to sociological methods*. New Brunswick, NJ: Aldine Transaction, 2009, c1970.
- FN. (2019). *IMO profile*. Hämtad från <https://business.un.org/en/entities/13>
- Statista. (2019). *Number of chartered ships of the world's leading container ship operators as of May 2, 2019*. Hämtad från <https://www.statista.com/statistics/197662/chartered-ships-of-worldwide-leading-container-ship-operators-in-2011/>
- Statista. (2017). *Market share of major marine terminal operators worldwide in 2017, based on throughput*. Hämtad från <https://www.statista.com/statistics/325934/major-global-marine-terminal-operators/>
- Jacobsen, D. I. (2002). *Vad, hur och varför: om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen*. Lund: Studentlitteratur, 2002.
- Jonsson, P, Lesshammar, M. (1999). *Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE*. International Journal of Operations & Production Management, (1), 55.
- Ljungberg, Ö. (2000). *TPM: vägen till ständiga förbättringar*. Lund: Studentlitteratur, 2000
- Nord, C. & Johansson B. (1997) *Nationell jämförelse av total utrustningseffektivitet – potential för stärkt konkurrenskraft i svensk industri*. IVF-skrift 97848. Mölndal: Institutet för Verkstadsteknisk Forskning.
- P. De Groot, (1995). *Maintenance performance analysis: a practical approach*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1 Issue: 2, pp.4-24, <https://doi.org/10.1108/13552519510089556>
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research: a resource for users of social research methods in applied settings*. Hoboken: Wiley, 2016.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications, cop. 2003.

Teknisk information, grensletruck och kran

BILAGA 1

Sid 1(1)

Grensletruckar:

Specifikationer	3H	4H
Staplingskapacitet	2+1	3+1
Vikt [ton]	60	73
Höjd [m]	13,3	15,8
Lyftkapacitet [ton]	50	60
Maxhastighet [km/h]	30	24
Maximal lyfthöjd [m]	9,2	12

Kranar:

Krannummer	K6-7	K8-9	K10-12	K13-14
Tillverkare	Aarhus Maskin Fabrik	Noell	ZPMC	Liebherr Container Cranes Ltd
Tillverkningsår	1987	1998	2006	2014
Lyfthöjd över kaj [m]	27m	36m	41m	45m
Räckvidd från kaj [m]	36m	46,5m	60m	63m
Lyfthöjd under kaj [m]	11m	15m	15m	17m
Avstånd mellan räls [m]	20 m	20m	30,48m	30,48m
Vikt [ton]	750 ton	1050 ton	1650 ton	1195 ton

