



Andreas Evaldsson

Joakim West

EXAMENSARBETE INOM MEKATRONIK 2020

Digitaliserad uppföljning av produktion

Andreas Evaldsson & Joakim West



Institutionen för industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020

Digitaliserad uppföljning av produktion
Andreas Evaldsson & Joakim West

© Andreas Evaldsson & Joakim West, 2020.

Examinator : Torbjörn Ylipää, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Institutionen för industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Förstasida: Autogenerad bild av för arbetet viktiga termonologier.

Digitalized follow up of a production line
Investigating areas of improvement and possible organizational changes for implementing a digitalized production follow up system
ANDREAS EVALDSSON, JOAKIM WEST
Department of Industry and Science of Materials
Chalmers University of Technology

Abstract

This report is centered around the eventual need of an automated follow up system at a specific production line of a medium sized company. Whenever a fault occurs, it is manually reported on a paper. This is used for book keeping of various KPI's (Key Performance Indicators) of the line. Specifically, the company is interested in measuring and calculating OEE, FPY, and Productivity.

Reliable and accurate data is mandatory to obtain a representative KPI. Thus, the manual "low tech" approach to data collection puts a lot of pressure on the responsible operators. The company is currently in a phase of development to keep up with international standards of automated industry. That is their motivation to investigate the possibility and need for a digitalized and automated follow up system. Areas of improvement concerning work procedures were also analyzed.

To draw any conclusions, however, the theory about KPI's, TPM (Total Productivity Management) and Lean Production had to be understood. This was done by reading books, scientific articles and reports about the subjects. Interviews and consultations with employees were also conducted to reassure a good understanding of the entire work procedure.

The document in which KPI's, failures and stop reasons was altered to improve reproducibility and repeatability. This was done by implementing various filters, allowing the user to specifically target product groups and individual stations on the product line. The list containing various failures and stop reasons was also shortened to improve the efficiency and perspicuousness of the document.

In the end, different follow up systems were analyzed and compared to the given specification of requirements. The choice of pursuing one or the other is in the hands of the company.

This report is written in Swedish.

Keywords: TPM, FPY, OEE, Productivity, lean production

Förord

Denna rapport är ett examensarbete från Chalmers tekniska högskola hos Institutionen för industri- och materialvetenskap. Arbetet på 15 högskolepoäng är ett avslut på utbildningen inom området Mekatronik och är utfört under våren 2020 på plats hos ett företag som i rapporten föredrar att vara anonymt.

Vi vill rikta ett stort tack till företaget och inte minst de handledare som genom sin kunskap och engagemang under arbetets gång gav oss möjlighet till ett givande examensarbete.

Ett stort tack riktas också till Torbjörn Ylipää på Institutionen för industri- och materialvetenskap som genom sitt arbete som examinerare möjliggjort detta examensarbete.

Andreas vill framförallt tacka sin familj och nära vänner för det stödet han fått under tiden för sin utbildning. Andreas vill också tacka de klasskamrater, föreningsaktiva och inte minst Joakim för en oförglömlig tid under sin utbildning med många skratt, intressanta samtal och fantastiska upplevelser som skapat minnen för resten livet.

Joakim vill tacka sin sambo Annie Thorell för att hon stöttat honom under utbildningen. Även Annies föräldrar Mats Thorell och Louise Jönsson har varit ett stort stöd och alltid ställt upp. Föräldrarna Tommy West och Katarina West är inte heller att förglömma, de har stått för grovjobbet med uppfostran och allt därtill. De är alltid varit oerhört stöttande och stolta över hans företaganden, och det Joakim åstadkommit ska tillskrivas dem. Joakim vill även tacka sin partner Andreas Evaldsson som med sin samvetsgrannhet och disciplin hela tiden drivit arbetet framåt. Även övriga klasskamrater som bidragit med en lärorik och rolig studietid på Chalmers ska tackas. Sist men inte minst så förtjänar även Joakims nära vän James Blomgren ett tack. Han har bidragit med positiv energi och många roliga stunder även när studierna varit som stressigast.

Andreas Evaldsson & Joakim West, Göteborg, Juni 2020

1

Terminologi

- 6S - Six Sigma. En uppsättning med olika tekniker och verktyg som används inom industri för att maximera kapaciteten hos en process.
- Cykeltid - Tid för att repeterbart producera en enhet.
- FPY - First Pass Yield, Nyckeltal som är en kvot mellan klanderfritt producerade enheter och totala antalet enheter som passerat en process. Utrycks i procent och används för kvalitetsmätning av processen.
- KPI - Key Performance Indicator. Olika ekvationer som mäter effektivitet i processer, används för att följa trender i produktion.
- MTBF - Mean Time Between Failure. Nyckeltal som visar medeltid mellan fel uppstår på en process.
- MTTR - Mean Time To Repair. Nyckeltal som mäter medeltid för reparation då ett fel inträffat på en process.
- OEE - Overall Equipment Effectiveness. Ett nyckeltal för mätning av totala effektivitet av en process som uttrycks i procent av den teoretiska effektiviteten. Förekommer översatt på svenska som TAK (Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande, Kvalitetsutbyte).
- Mikrostörningar - Korta störningar i en process som ofta passeras obemärkta.
- Mätetal - Svensk översättning av KPI.
- Nyckeltal - Svensk översättning av KPI.
- Quality - Nyckeltal för kvalitetsmätning som liknar FPY och uttrycks i procent. Tar hänsyn till alla passerade enheter, inklusive omarbeten genom det totala antalet enheter.
- SPC - Statistical Process Control. Kvalitetskontrollmetod som använder statistiska metoder för att övervaka och kontrollera en process.

Innehåll

1 Terminologi	ix
2 Inledning	1
2.1 Bakgrund	1
2.2 Syfte	1
2.3 Avgränsning	2
2.4 Precisering av frågeställningen	2
3 Teori	3
3.1 Produktionslinje	3
3.2 OEE	5
3.2.1 Teori	5
3.2.2 Mätning	6
3.2.3 Felkällor	7
3.2.4 Förluster	7
3.2.5 Sammanställning	8
3.2.6 Varianter	8
3.2.7 Kritik	8
3.3 FPY	9
3.3.1 Teori	9
3.3.2 Mätning	10
3.3.3 Förluster	10
3.4 Produktivitet	10
3.4.1 Teori	10
3.4.2 Mätning	10
3.4.3 Förluster	10
3.4.4 Användning	11
3.5 Datainsamling	11
3.5.1 Applicering	12
3.5.2 Felkällor	12
3.6 Problemlösning och identifiering av fel	12
3.6.1 Paretdiagram	12
3.6.2 5 Varför	13
3.6.3 7M	15
3.7 Summering	15

4	Metod	17
5	Resultat	19
5.1	Analys av nuvarande rapportering	19
5.1.1	Ekvationer	19
5.1.2	Rapporteringskedja	20
5.2	Nuvarande beräkningar	22
5.2.1	Intervju med personal	23
5.3	Kategorisering och identifiering av fel	24
5.3.1	Problemlösning	24
5.4	Förslag på förbättringar av nuvarande rapportering	25
5.4.1	Excel-dokument	25
5.4.1.1	OEE	25
5.4.1.2	Analys	25
5.4.1.3	Övriga ändringar	25
5.4.2	Mätning	25
5.4.3	Rutiner	26
5.5	System för produktionsrapportering	26
5.5.1	Kravbild	26
5.5.2	Marknadsanalys	26
5.5.3	Good Solutions	27
5.5.3.1	RS Production OEE	27
5.5.3.2	RS Production I4 PRO	28
5.5.3.3	Datainsamling	28
5.5.4	Vorne	28
5.5.4.1	Vorne XL	28
5.5.4.2	Datainsamling	28
5.5.5	OEEsystems	29
5.5.5.1	Datainsamling	29
6	Diskussion och Slutsats	31
6.1	Nuvarande arbetsätt	31
6.2	Ändringar i dokumentet	34
6.3	Långsiktiga förbättringar	35
6.4	System för produktionsrapportering	36
6.5	Globala mål för hållbar utveckling	37

2

Inledning

I detta kapitel introduceras projektets bakgrund, syfte, avgränsningar och mål.

2.1 Bakgrund

Det aktuella industriföretaget i denna rapport konkurrerar likt många svenska företag på en marknad med hög internationell konkurrens. För att möjliggöra fortsatt konkurrenskraftig produktion i Sverige med efterföljande höga personalkostnader och investeringskostnader krävs att personal och teknik nyttjas på bästa sätt.

Företaget går mot en allt högre automatiseringsgrad i sin produktion. På sikt står man därmed inför utmaningar vad gäller anpassning och överskådlighet av produktionen, både kompetensmässigt och organisatoriskt för att på bästa sätt nyttja den ökade automatiseringsgraden.

För att möjliggöra överblick över produktionen krävs tillförlitlig och effektiv rapportering av produktionsdata som ett verktyg till effektiv planering och produktionsuppföljning. Företaget bokför i dagsläget sin produktionsdata såsom stopporsaker och stopptider manuellt genom att på papper anteckna denna data för att sedan analyseras. Det är inte en optimal lösning då den är tidskrävande och blottad inför den mänskliga faktorn.

2.2 Syfte

Detta arbetets syfte är att kartlägga företagets nuvarande situation för produktionsrapportering samt att ta fram en kravbild på ett nytt produktionsuppföljningssystem. Kravbilden skall jämföras med det befintliga utbudet av produktionsuppföljningssystem på marknaden för att ge ett lämpligt antal förslag på tillfredsställande system som är kompatibla med en given produktionslinje för att kunna leverera önskad data.

2.3 Avgränsning

Arbetet omfattar inte hela produktionen på företaget, en enskild produktionslinje kommer användas som exempel. Arbetet kommer inte innefatta syntes av system, modifikationer på produktionslinjen eller tester mot produktionslinjen.

2.4 Precisering av frågeställningen

Följande frågor avses behandlas under arbetets gång:

- Hur bör företaget agera för att kunna använda befintligt produktionsrapporteringssystem på bästa sätt?
- Fungerar produktionsrapporteringen i nuläget som det är tänkt?
- Vilka på marknaden tillgängliga system passar bäst sett till det arbetssätt som används för produktionsrapportering hos företaget idag?
- Hur bör företaget anpassa både teknik och organisation vid vald produktionslinje för att hantera ett digitalt produktionsuppföljningssystem?

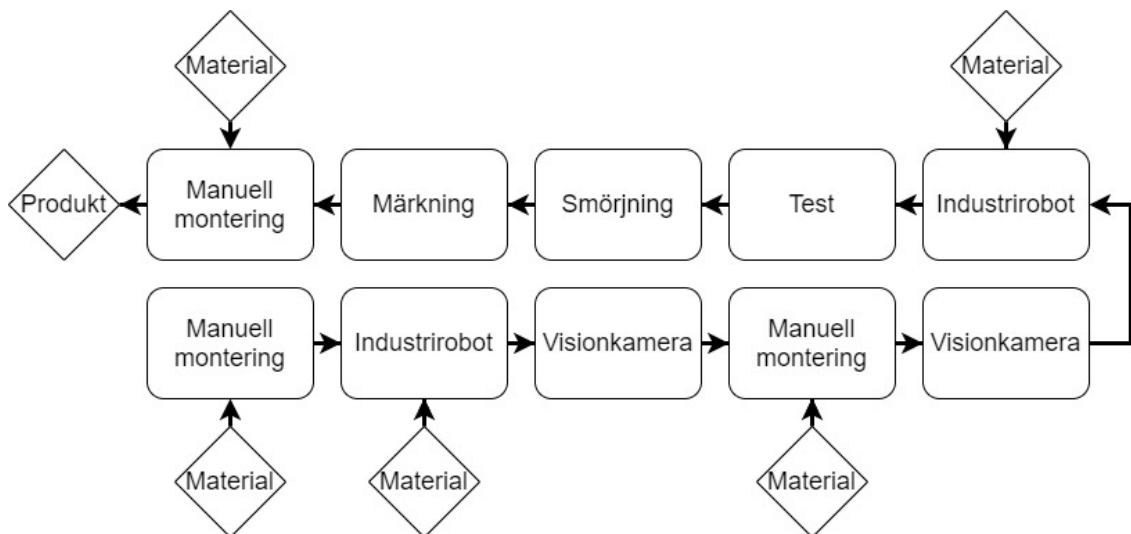
3

Teori

I detta kapitel behandlas teori för måttetal, datainsamling, problemlösning samt en beskrivning av flödet i produktionslinjen.

3.1 Produktionslinje

Detta arbete kretsar kring produktionsrapporteringen för specifik produktionslinje som monterar förtillverkade komponenter till en slutprodukt. Produktionslinjen är uppbyggd av tre manuella stationer, två industrirobotar, två visionkameror samt tre automatiserade processer.



Figur 3.1: Flödesschema över produktionslinje

Produktionsflödet genom linjen ser ut som följande:

- Station 1: Manuell station där operatör lägger basen för produkten på en palett samt i basen lägger i ett fåtal komponenter.
- Robot 1: Industrirobot hämtar fästelement och förankrar de komponenterna som monterades i station 1.
- Kamera 1: System med visionkamera verifierar att komponenterna från Robot 1 är korrekt monterade samt att inga främmande föremål finns i produkten.
- Station 2: Manuell monteringen av komponenter och täcklock.

3. Teori

- Kamera 2: System med visionkamera verifierar att komponenterna från station 2 är korrekt monterade samt att inga främmande föremål finns i produkten.
- Robot 2: Industrierobot förankrar de komponenterna som monterades i station fem. Två pneumatiska cylindrar testar att produkten är korrekt monterad.
- Kontaktfett: En pneumatisk cylinder placerar en smörjnippel för smörjning av produkten.
- Märkning: Bläckskrivare märker produkten med serienummer.
- Station 4: Manuell station där kåpa monteras och färdiga produkt sedan läggs i pall.

3.2 OEE

3.2.1 Teori

Overall Equipment Effectiveness förkortat OEE eller på svenska TAK (Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande, Kvalitetsutbyte) är ett verktyg för att mäta effektiviteten och förluster för en process. OEE presenterades av Seiichi Nakajima som en del i Total Productive Maintenance (TPM) på 1980-talet och har sedan dess fått stor spridning i flertalet olika typer av industrier och branscher [1][2].

OEE är en produkt av de tre delarna Tillgänglighet (Availability), Anläggningsutnyttjande (Performance) och Kvalitetsutbyte (Quality) vilka mäter effektiviteten för olika delar av en processen [3][4]. OEE ger ett värde på nuvarande utnyttjandet av den teoretiska effektiviteten för processen och ger en bild över var förluster förekommer i processen.

Då OEE har fått stor spridning i olika industrier och branscher finns olika varianter av beräkningarna för Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande och Kvalitetsutbyte då dessa anpassats för aktuella processer [3]. De följande ekvationerna för OEE, Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande och Kvalitetsutbyte är de ursprungligen definierades av Nakajima [1][2][5].

$$OEE = (Tillgänglighet) * (Anläggningsutnyttjande) * (Kvalitetsutbyte) [5] \quad (3.1)$$

Tillgänglighet är en kvot mellan Drifttid och Tillgänglig tid. Resultatet är mått på hur stor del av tillgänglig tid som processen utnyttjas. Drifttid motsvarar den planerade produktionstiden där stillestånd subtraherats [3].

$$Tillgänglighet = (Drifttid) / (Tillgänglig tid) [5] \quad (3.2)$$

Anläggningsutnyttjande är en kvot mellan verklig cykeltid och den ideala cykeltiden. Anläggningsutnyttjande är ett mått på effektivitetsförluster som skapas av att den ideala cykeltiden inte är uppnådd [3].

$$Anläggningsutnyttjande = [(Total\ produktion) * (Ideal\ cykeltid)] / (Drifttid) [5] \quad (3.3)$$

Kvalitetsutbyte är en kvot mellan antal godkända enheter och totala antalet producerade enheter vilket resulterar i ett mått för effektivitetsförluster till följd av bristande Kvalitetsutbyte [3].

$$Kvalitetsutbyte = (Total\ produktion - Felaktig\ produktion) / (Total\ produktion) [5] \quad (3.4)$$

OEE och effektivitet för en process kan snabbt påverkas om effektivitetsförluster uppstår på fler håll i processen. Exempelvis en produktion som producerar 95% av planerad tid, cykeltid som är 90% av ideala cykeltiden och en enhet per hundra producerade kasseras. Det skulle ge en följande ekvation för OEE.

$$OEE = (0.95 * 0.90 * 0.99) = 0.85 = 85\% \quad (3.5)$$

3.2.2 Mätning

Vid beräkning av OEE används följande sex parameterar [3].

- Tillgänglig tid (Loading time): Den tid då drift är planerad, exempelvis arbetstiden för ett skift subtraherat planerade stopp som raster och möten.
- Drifftid (Operating time): Tid då produktion är aktiv. Motsvarar den planerade tiden för drift subtraherat oplanerade stillestånd.
- Ideal cykeltid (Theoretical cycle time): Den optimala cykeltiden för processen.
- Verklig cykeltid (Actual cycle time): Den verkliga cykeltiden för processen.
- Defekt produktion (Defect production): Antal enheter som kasseras eller omarbetas.
- Total produktion (Total production): Totalt antal producerade enheter .

Det finns flertalet sätt att räkna ut OEE utan att aktivt mäta alla parametrar som nämnts. Antalet parametrar som aktivt behövs mätas beror på hur man valt att definiera OEE. Här följer ett exempel på vilka parametrar som aktivt skulle behöva mätas om man beräknar enligt de formler som presenterades av Nakajima. Ideal cykeltid förutsätts här vara fördefinierad, alltså inte aktivt mäts.

- Tillgänglig tid.
- Drifftid.
- Total produktion.
- Defekt produktion.

Ett exempel på beräkning av OEE med färre parametrar presenteras av Robert C. Hansen där två aktivt mätta parametrar krävs [3]. Ekvationen(3.6) kan ses nedan där Ideal cykeltid ej aktivt mäts utan är fördefinierad. I denna definitionen av OEE blir ej de tre delarna Tillgänglighet, Anläggningsnyttjande och Kvalitetsutbyte synliga.

$$OEE = [(Godkänd\ produktion)/(Ideal\ cykeltid\ (enheter/min))]/(Tillgänglig\ tid)[3] \quad (3.6)$$

3.2.3 Felkällor

Flertalet av de parametrar som krävs för beräkning av OEE kan generellt enkelt mätas i processer såsom Total produktion eller Drifttid. Mätning och definition av Ideal cykeltid kräver dock försiktighet och kan som feldefinierad bli en felkälla.

Den Ideala cykeltiden är den cykeltid som kommer från tillverkarens specifikationer alternativt definierad genom uppmätt tid i befintlig utrustning och skall vara den repeterbara cykeltiden för flaskhalsen i processen. [3][6][5]. Vid uppmätning av Ideal cykeltiden på befintlig utrustning finns en risk att mikrostörningar påverkar den cykeltiden[3]. Alltså då den Ideala cykeltiden mäts upplevs processen arbeta på full kapacitet men i själva verket mäts processen med störningar vilket leder till felaktig OEE.

Flertalet olika sätt att beräkna den Ideal cykeltid finns. Robert C Hansen nämner exempelvis att en grov uppskattning kan vara att ta cykeltiden från de bästa fyra timmarna av totalt fyrahundra timmars produktion[3].

3.2.4 Förluster

OEE kan används för att identifiera var effektivitetsförluster uppstår i en process genom att delarna Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande och Kvalitetsutbyte analyseras. Nakajima definierade följande sex typer av förluster som identifieras av OEE och var de uppträder[1][5].

Förluster som uppträder i kategorin Tillgänglighet beror på:

- "Equipment failure - from breakdowns"[5].
- "Setup and adjustment - from exchange of dye in injection molding machines, etc"[5].

Alltså förluster som uppträder i kategorin Tillgänglighet uppträder då processen står still under planerad drifttid, exempelvis vid maskinhaveri, brist på material, ställtider, osv [1].

Förluster som uppträder i kategorin Anläggningsutnyttjande beror på:

- "Idling and minor stoppages - due to the abnormal operation of sensors, blockage of work on chutes, etc"[5].
- "Reduced speed - due to discrepancies between designed and actual speed of equipment"[5].

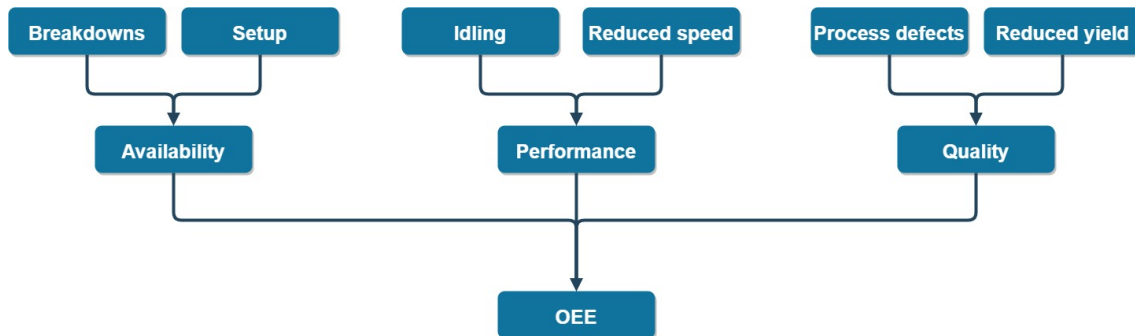
Alltså förluster som uppträder i kategorin Anläggningsutnyttjande är orsaker som gör att produktion inte går på sin Ideala cykeltid. Exempel på detta kan vara högfrekventa driftstörningar i en delprocess som inte stannar hela processen men ökar cykeltiden[1].

Förluster som uppträder i kategorin Kvalitetsutbyte beror på:

- "Process defects - due to scraps and quality defects to be repaired"[5].
- "Reduced yield -from machine startup to stable production"[5].

Alltså förluster som uppträder i kategorin Kvalitetsutbyte är produktion som inte blir godkänd på grund av exempelvis felaktiga moment i produktion eller kassationer vid uppstart[1].

Nedan syns ett exempel på hur olika typer av förluster påverkar olika delar av OEE i en av författarna skapad figur.



Figur 3.2: Grafisk framställning av förlusterkategorier i OEE

3.2.5 Sammanställning

Hur ofta sammanställning av OEE bör göras beror på förutsättningarna. Samlas data in per automatik av system kan OEE beräknas i realtid [3]. Samlas data in manuellt kan OEE sammanställas varje dag för att sedan beräknas varje vecka och månad [3].

3.2.6 Varianter

Från de ursprungliga ekvationerna för OEE finns en mängd vidareutvecklingar för att mäta fler typer av förluster och anpassas till aktuell produktion och organisation. Ett fåtal exempel på dessa är:

- **TEEP (Total Effective Equipment Performance):** Beräknas som OEE men tar hänsyn till den totala tillgängliga tiden, alltså 24 tim/dygn [1].
- **PEE (Production Equipment Efficiency):** Möjlighet att vikta betydelsen av Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande och Kvalitetsutbyte beroende vad som prioriteras [1].
- **OAE/OPE (Overall Asset Effectiveness)/(Overall Production Effectiveness) :** Mäter mer variabler och anpassas i stor grad till den egna organisationen för mätning på fabriksnivå. Då OEE endast mäter interna variabler som uppstår från den interna produktionen kan OAE/OPE anpassas för att mäta externa variabler såsom exempelvis förseningar från leverantörer [1].

3.2.7 Kritik

Muchiri och Pintelon kommer till slutsatsen att OEE inte är ett fullständigt mått på effektiviteten i en process [1]. De nämner att OEE exempelvis inte tar hänsyn

till flexibilitet och kostnader vilket vilket kan vara viktigt organisatoriskt [1].

C. Andersson & M. Bellgran kommer till slutsatsen att enbart använda OEE som drivande mätetal för ökad effektivitet har sin begränsningar [7]. Exempelvis så nämner de att fokus måste läggas på att sänka den Ideala cykeltiden och att OEE med fördel kan kombineras med andra mätetal såsom Productivity [7].

3.3 FPY

3.3.1 Teori

First Pass Yield, förkortat FPY, är ett mått på funktionaliteten hos en process. FPY är en kvot av antalet godkända icke omarbetade enheter och det totala antalet inmatade enheter. Ett idealiskt FPY är därav 1, när samtliga inmatade enheter passerar genom processen utan omarbete eller kassaktion. [8].

$$\text{First Pass Yield} = (\text{Antal godkända enheter} - \text{Antal omarbetade enheter}) / (\text{Antal inmatade enheter}) [8]$$

FPY kan även appliceras på delprocesser, delprocessernas FPY multipliceras då för att få en sammanlagd FPY för hela processen [8]. Om en process exempelvis delas upp i 4 delprocesser så erhålls FPY enligt följande:

$$FPY1 * FPY2 * FPY3 * FPY4 = FPY_{total} \quad (3.7)$$

Resultatet är en kvot som visar hur många enheter som passerar processen utan att kasseras eller omarbetas. FPY skiljer sig därför mot begreppet Quality som även inkluderar omarbetade godkända enheter i beräkningen. Kvoten kan enkelt omvandlas till en procentsats genom multiplikation med 100.

Värt att notera i sammanhanget är hur FPY-total snabbt sjunker om delprocessernas FPY ligger under 1. I följande räkneexempel illustreras att FPY-total endast blir 0,81 trots att delprocesserna var för sig har en FPY på 0,95. Den effekten blir ännu starkare vid fler delprocesser. Det är med därför viktigt att aktivt jobba för en hög FPY på alla delprocesser.

$$0,95 * 0,95 * 0,95 * 0,95 = 0,81 = 81\% \quad (3.8)$$

I en motsatt situation så kan fallet även vara att en enskild delprocess sänker FPY-total vilket illustreras nedan.

$$0,99 * 0,99 * 0,99 * 0,9 = 0,87 = 87\% \quad (3.9)$$

I räkneexemplet ovan kan ses hur FPY-total blir 0,87 trots att tre av de fyra delprocesserna har en FPY på 0,99. Mäter man inte delprocessernas FPY i det här fallet blir det svårt att identifiera vilken delprocess som behöver åtgärdas.

3.3.2 Mätning

Vid mätning av FPY behöver följande fyra parametrar mätas [8].

- Antal inmatade enheter: Det antal enheter som från början matas in i processen.
- Antal godkända enheter: Det antal enheter som i slutet av processen är godkända.
- Antal omarbetade enheter: Det antal enheter som har behövt omarbetas minst en gång för att bli godkända.
- Antal kasserade enheter: Det antal enheter som av någon anledning har kasserats under processens gång eller efter processen.

3.3.3 Förluster

Att omarbeta en enhet är en av de 7 slöserierna som nämns inom Six Sigma-konceptet. Det är en tidsförlust vilket kan översättas till en kostnadsförlust då kunden inte betalar extra för en omarbetad artikel. Därför är det viktigt att minimera omarbete i största möjliga mån.

3.4 Produktivitet

3.4.1 Teori

Productivity eller på svenska Produktivitet är ett mått på effektivitet som tar hänsyn till antalet godkända enheter och antalet mantimmar [9].

$$Produktivitet = (Godkända\ enheter) / (Mantimmar) \quad (3.10)$$

3.4.2 Mätning

För beräkning av Produktivitet behöver två parametrar mätas.

- Godkända enheter: Det antal enheter som i slutet av processen är godkända, inklusive enheter som omarbetats.
- Antalet mantimmar: Det totala antal mantimmar, exkluderat raster, under den utvalda tiden. Om 10 personer som arbetat 10 timmar blir antalet mantimmar $10 \cdot 10 = 100$

3.4.3 Förluster

Mantimmar och godkända enheter kan omvandlas till kostnader och intäkter - dock ej att förväxla med vinst och förlust. Om man exempelvis ser det som genererat pengavärde/timme så är det tydligt varför det är viktigt att eftersträva en hög Produktivitet.

3.4.4 Användning

Produktivitet är en kvot av "input" och "output". Om en förändring har implementerats i en process så är Produktivitet, liksom OEE och FPY, ett nyckeltal som kan användas för att utvärdera förändringen. Produktivitet är möjligt att applicera brett, som exempelvis på hela företagets mantimmar som input och total försäljning som output [10].

3.5 Datainsamling

Grovt uppdelat så kan nödvändig data för OEE och andra nyckeltal samlas på två olika sätt - manuellt och automatiserat. En manuell datainsamling innebär i praktiken att operatören med penna och papper antecknar stopptider, och kommenterar orsaker. Iannone och Enni väljer att kalla det för en så kallad low-tech approach[11]. Datainsamling kan också ske automatiserat med hjälp av ett system av sensorer som kopplas till utrustningen, en så kallad high-tech approach enligt [11]. Ett sådant system kallas ofta för ett Manufacturing Execution System (MES). Dessa kan per automatik registrera data som exempelvis start- och stopptid, omarbeten och kasseringar.

Skillnaden i kostnad mellan de två tillvägagångssätten är inte alltid uppenbar. Kostnaden för en manuell datainsamling är den totala tid, omvandlat till lön, som ansvarig operatör lägger på att samla data, mata in datan i en dator, skapa rapporter och göra nödvändiga kalkyler. Kostnaden för ett MES kan exempelvis vara investering i hårdvara samt en årlig licenskostnad för själva systemet. Båda tillvägagångssätten kräver enligt [11] intern utbildning då kompetent personal är en grundläggande förutsättning för att kunna identifiera och utvärdera olika prestandafaktorer.

Oavsett vilken metod som används så är det enligt Muchiri och Pintelon nödvändigt att den datan som ligger för grund till uträkningarna är insamlad med precision [1]. De drar också slutsatsen att det därför är viktigt att investera i en rapportering med hög precision för att ge trovärdighet till resultatet, genom exempelvis investera i relevant teknologi [1].

Robert C. Hansen nämner att generellt så är bra datainsamling nödvändig för en framgångsrik OEE-strategi, han poängterar också att vid insamling av data så bör inte mer parametrar än som aktivt används mätas då det ökar komplexiteten i onödan [3]. Robert påpekar också att en mer avancerad datainsamling inte nödvändigtvis ger ett bättre resultat än en enkel [3].

På ett företag där en operatör är ansvarig för flera processmaskiner eller delprocesser kan det vara utmanande att med hög precision notera stopptid och orsaker. I sådana fall menar [11] att det är önskvärt med en maskin som åtminstone kan beräkna stopptid på egen hand då det finns flera fördelar.

- Bättre precision
- Besparingar i arbetskostnader

- Förbättrad spårbarhet

Ytterligare användbara funktioner som är vanliga bland kommersiella MES nämns också i [11].

- Integrerad rapport och analys
- Automatisk generering av visuella stöd såsom diagram
- Kalkylering och visualisering av nyckeltal i realtid

Kletti [12] listar också några generella fördelar med ett MES.

- Minskad ledtid
- Bättre utnyttjande av maskiners kapacitet
- Snabbare ineffektivitetsdetektering
- Bättre leveransstabilitet

Oavsett fördelar och nackdelar med respektive tillvägagångssätt så är nyckeltalens användbarhet begränsad om de inte integreras i en kontinuerlig arbetsprocess.[11] menar att dagliga möten och informationsutbyte inom organisationshierarkin är obligatoriskt.

3.5.1 Applicering

Användningsområdet för ett MES kan skilja sig från olika företag. [12] menar att det i huvudsak inte är företagets storlek eller bransch som kan anses vara de viktigaste faktorerna, utan snarare produktionsstruktur och produktionstyp.

Ett krav för att kunna implementera ett MES är enligt [12] ett företagsnätverk (LAN), så att produktionsledningen och produktionen kan kommunicera effektivt. På så vis kan MES-klienter och serverar integreras.

3.5.2 Felkällor

I en process där produktionsuppföljningen ej sker automatiserat ligger ett stort ansvar på operatören att rapportera omarbeten och kasseringar. Det kan enligt Thompson [13] leda till en icke representativ FPY. Om man med anledning av exempelvis tidsbrist låter ett mindre omarbete stanna inom processen kommer enheten räknas som en av de oklanderligt godkända, vilket leder till ett högre FPY än i verkligheten.

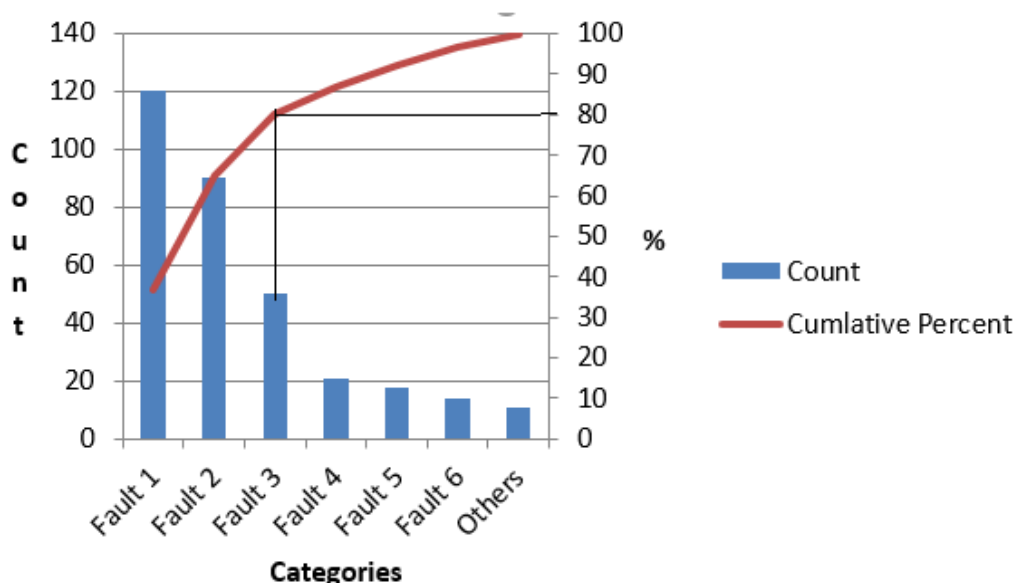
3.6 Problemlösning och identifiering av fel

För att datainsamling ska ha något värde behöver den kontinuerligt analyseras. Borris [14] nämner ett antal sätt att analysera insamlad data för att identifiera och åtgärda fel.

3.6.1 Paretodiagram

Ett paretodiagram som också nämns i [14] är ett sätt att summera och visualisera fel. Paretodiagrammet bygger på 80/20-principen, att 80% av felen kommer från 20%

av felorsakerna [14]. Det är en kombination av ett stapeldiagram och linjediagram och ett exempel på paretdiagram kan ses nedan i en av författarna skapad figur.



Figur 3.3: Exempel på paretdiagram

Staplarna visar hur många fall av respektive felorsak som förekommit. Linjen visar hur hög procent av det totala antalet fel som erhålls. Om man i exemplet vill minska ca 80% av de totala felen bör man fokusera på att minimera de tre vanligaste felorsakerna.

3.6.2 5 Varför

Syftet med denna metod är att hitta roten till ett problem för att rikta resurserna till rätt ställe och på så sätt åtgärda problemet. Metoden går ut på att vid ett problem ställa frågan "Varför?" 5 gånger eller fler, tills man hittat roten till problemet. [14] Nedan följer ett exempel där en person ofta är försenad till jobbet.

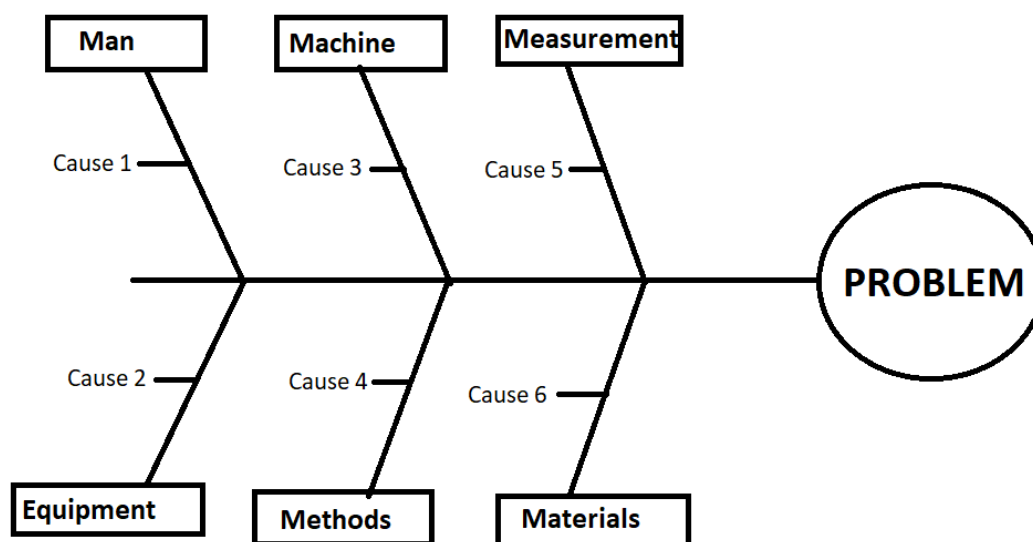
- Varför är personen ofta försenad till jobbet? *Resan tar för lång tid.*
- Varför tar resan för lång tid? *Det är ofta stopp i trafiken.*
- Varför är det ofta stopp i trafiken? *Den högtrafikerade vägen passeras under rusningstrafik.*
- Varför passeras vägen under rusningstrafik? *Personen går upp vid en tid så att vägen passeras just då.*
- Varför går personen upp vid en sådan tid att hen alltid hamnar i rusningstrafiken? *För att personen inte får tillräckligt mycket sömn om hen går upp tidigare på morgonen.*
- Varför får personen för lite sömn om hen går upp tidigare? ***För att personen går och lägger sig för sent på kvällen.***

3. Teori

På så vis kan man hitta den underliggande orsakens bakom personens oförmåga att komma i tid. Stannar man efter endast ett "Varför?" dras den felaktiga slutsatsen att det är en förkortning av resetiden som är problemet. Att helt enkelt köra snabbare är inte bara ineffektivt utan även riskabelt.

3.6.3 7M

7M också känt som ishiawadiagram är ännu ett verktyg som presenteras i [14]. Det används för att visualisera ett problem och kartlägga roten till problemet. Diagrammet ritas upp som ett fiskben (därav smeknamnet "fiskbensdiagram") där huvudet motsvarar problemet och ryggraden pekar på just detta. På de olika fenorna sitter olika delar av problemet - Man, Machines, Methods, Measurement, Materials och Environment. Under dessa placeras möjliga anledningar för att enklare få en överblick av problemet [14]. Exempel på hur ett 7M-diagram kan se ut ses nedan i en av författarna skapad figur.



Figur 3.4: Exempel på 7M-diagram

3.7 Summering

OEE, FPY och Produktivitet är alla verktyg för att mäta och utvärdera effektivitet/förluster hos processer.

OEE är mått för effektiviteten av en process och identifierar effektivitet/förluster genom de tre delarna Tillgänglighet, Anläggningsutnyttjande, Kvalitetsutbyte. De resulterar förenklat i ett verktyg för att se:

- Hur stor del av tiden fungerar processen som avsett.
- Hur stor del av kapaciteten används vid drift.
- Hur stor del av produktionen är godkänd.

Enligt Robert C. Hansen är OEE framförallt inte ett verktyg för optimal rapportering av effektivitet utan snarare ett enkelt verktyg för att visa var det finns möjligheter till förbättringar[3].

Nakajima nämner att baserat på erfarenheter så är det idealt med en Tillgänglighet $> 90\%$, Anläggningsutnyttjande $> 95\%$ och Kvalitetsutbyte $> 99\%$ vilket resulterar i en OEE $> 85\%$ [5].

FPY kan ses som ett mått på funktionaliteten hos en process, vanligtvis uppdelat i flera delprocesser. Resultatet är en kvot mellan hur många enheter som passerar processen klanderfritt jämfört med totala antalet inmatade enheter. Ett idealt FPY är därför 100% eller 1.

Produktivitet är ytterligare ett mått på effektivitet och kan liksom OEE appliceras på både en enskild process och en hel arbetsplats. Produktivitet är en kvot mellan "output" och "input". Output kan exempelvis vara antal producerade enheter eller genererat pengavärde, medan input typiskt sätts till arbetstimmar eller personalkostnader.

Gemensamt för OEE, FPY och Produktivitet är att datainsamling måste genomföras med hög precision. Utan korrekta mätvärden blir dessa nyckeltal inte representativa.

För att identifiera problem och lösa dessa finns flera metoder. De metoder som främst används på företaget är följande:

- Paretdiagram
- 5 Varför
- 7M

Syftet med att använda dessa är bryta ner och visualisera problem. Problemen blir dessutom lättare att kategorisera och rangordna efter viktighetsgrad. Underliggande orsaker till problemen kan också analyseras och upptäckas.

4

Metod

Det första steget för arbetet var att införskaffa en grundlig förståelse för begreppen Overall Equipment Efficiency (OEE), First Pass Yield (FPY) och Produktivitet då dessa är av hög vikt i företagets nuvarande organisation och används dagligen. Även teori bakom datainsamling och produktionsdataanalys undersöktes. Detta skedde genom litteratur i huvudsak form av böcker och rapporter. Detta utfördes för att få en teoretisk förståelse för de begrepp som företaget använder.

Sedan följde analys av nuvarande produktionsrapporteringen. Analysen startade genom att intervjua en person som arbetar med förbättringar mot produktionslinjen och använder den data som produktionsrapporteringen genererar. Personen fick beskriva hur hen anser att produktionsrapporteringen bör utföras samt hur den i dagsläget i praktiken utförs. Det Excel-dokument som används för produktionsrapporteringen erhöles och arbetssätt och beräkningar i dokumentet analyserades.

Vidare undersöktes produktionslinjen på plats för att få en bättre förståelse för själva arbetsupplevelsen och hur rapporteringen i dagsläget fungerar i praktiken. Tre intervjuer utfördes med personal som arbetar med produktionsrapporteringen, varav två intervjuer med samma person. Syftet med att intervjua två personer var att få en samlad och nyanserad bild av hur rapporteringen utfördes vid produktionslinjen. Under intervjuerna ställdes frågor vilka problem och förbättringsåtgärder som upplevs finnas med nuvarande produktionsrapportering följt av en demonstration av hur rapporteringen utförs.

En video-intervju utfördes med den person som utfört ändringar i Excel-dokumentet som används för produktionsrapportering. Detta med syfte att förstå var de beräkningar som används i dagsläget kommer ifrån och varför just detta system och beräkningar valts. Dokument för hur företaget bör utföra beräkningar samt instruktion för rapportering i Excel-dokumentet erhöles.

Jämförelse mellan företagets beskrivning av produktionsrapportering samt hur den i praktiken fungerar utfördes för att framhålla skillnader mellan dessa och förslag på eventuella förbättringar för nuvarande system togs fram och genomfördes i Excel-dokumentet.

I arbetets slutskede skapades en kravspecifikation tillsammans med företaget. kravspecifikation jämfördes mot marknadens utbud av produktionsuppföljningssystem. Fabrikat av produktionsuppföljningssystem hittades via sökmotorer. De systemen som

uppfyllde kravspecen analyserades ytterligare genom mailkorrespondens och tillgängligt material på respektive hemsida för att säkerställa dess lämplighet. Tre alternativ presenterades som lämpliga system.

Ett möjligt alternativ hade varit att ta fram kravspecifikationen tidigare. Inriktningen på arbetet hade då ändrats och mer riktats mot att undersöka olika system. Eftersom företagets mål med arbetet inte är att med 100% säkerhet installera ett sådant system gjordes valet att lägga majoriteten av tiden på att undersöka och analysera nuvarande arbetssätt, söka efter förbättringsmöjligheter.

5

Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet av arbetet i form av analyser, förslag på förbättringar av nuvarande system och förslag på framtida system.

5.1 Analys av nuvarande rapportering

5.1.1 Ekvationer

Vid arbetets start diskuterades med företaget vilka mätetal som idag används samt vilka mätetal som arbetet skulle omfatta. Då erhöles följande ekvationer som man anser sig använda idag.

$$OEE = (Tillgänglighet * Anläggningsutnyttjande * Kvalitetsutbyte) \quad (5.1)$$

$$Tillgänglighet = [(Planerad produktions\text{tid}) - (Oplanerad stoptid)] / ((Planerad produktions\text{tid})$$

$$Anläggningutnyttjande = (Ideal cykeltid) / (verklig cykeltid) \quad (5.2)$$

$$Kvalitetsutbyte = (Godkända enheter) / (Godkända enheter + omarbetade enheter + kasserade enheter)$$

$$Produktivitet = (Godkända enheter / Mantimmar) \quad (5.3)$$

$$FPY = ((Godkända enheter) / (Godkända enheter + omarbetade enheter + Kasserade enheter))$$

Vid jämförelse med ekvationerna som erhållits från företaget för OEE, FPY och Produktivitet ses att dessa är identiska med ekvationerna för motsvarande mätetal i kapitlet Teori, även om vissa benämningar och definitioner skiljer sig.

Dokument för hur företaget anser att man skall beräkna OEE erhöles och visade tre olika alternativ på att beräkna OEE. De tre olika alternativen kallades: Nakajima, Time Records, Product Based.

Ekvationerna kallade Nakajima är identiska med ekvationerna 5.1-5.4., alltså de ekvationer som företaget idag anser sig beräkna.

Ekvationerna kallade Time Records är identiska med ekvationer 5.1-5.4 bortsett från 5.3 Anläggningsutnyttjande. Anläggningsutnyttjande beräknas istället :

$$\text{Anläggningsutnyttjande}(\text{Time Records}) = \frac{[(\text{Drifftid med Ideal cykeltid} * \text{Ideal cykeltid}) + (\text{Drifftid med högre cykeltid} * (\text{högre cykeltid} / \text{Ideal cykeltid}))]}{(\text{Drifftid})}$$

Ekvationerna kallade Product Based är identisk med ekvation (3.6) presenterad i avsnittet teori av Robert C. Hansen där de tre delarna av OEE ej är synliga.

$$\text{OEE}(\text{Product Based}) = \frac{[(\text{Godkänd produktion}) / (\text{Ideal cykeltid (enheter/min)})]}{(\text{Tillgänglig tid})}$$

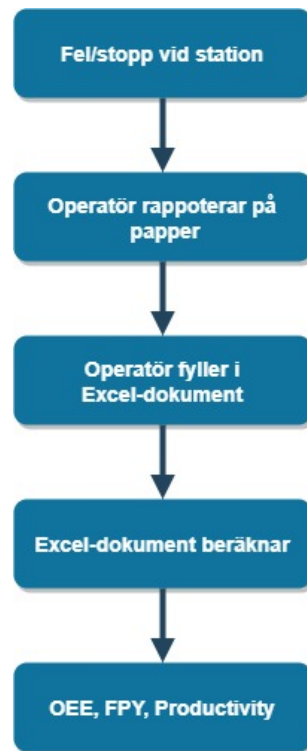
Det kan konstateras att de formler som företaget tror sig använda ligger i linje med hur företagets division anser att OEE skall beräknas.

5.1.2 Rapporteringskedja

Nuvarande system av produktionsrapportering påstås gå till på följande sätt enligt företaget:

Vid produktionslinjen så finns det en operatör som är en resurs utöver operatörerna vid de tre manuella stationerna. Den operatörens uppgift är att åtgärda stopp, göra omarbetningar samt sköta rapporteringen av problem.

Då ett problem eller stopp uppstått antecknar en operatör information på ett papper som sitter vid varje station. Den information om produktionen rapporteras sedan manuellt in i ett Excel-dokument av en operatör och används som grund för produktionsrapporteringen, nuvarande system för produktionsrapportering sker alltså i form av ett av företaget skapat Excel-dokument. Nedan ses en grafisk framställning av rapporteringskedjan i figur 5.1.



Figur 5.1: Flöde för fel och stopprapportering

Detta arbetsätt har över tid resulterat i ett stort antal punkter i det Excel-dokumentet som används för rapportering och uträkning. I dokumentet sorteras störningar i produktionen in i två kategorier, stopp- och felorsaker. Efter cirka två år med detta arbetsätt var resultatet cirka 150st felorsaker och cirka 60st stopporsaker för produktionslinjen.

Dokumentet är utformat så att det går att sortera stopporsaker efter produkttyp, station och arbetsskift. Det är möjligt att välja tidshorisont i form av senaste skift, vecka och månad. FPY, OEE och Produktivitet beräknas per automatik samt illustreras i diagram.

5.2 Nuvaranade beräkningar

Den datan som matas in manuellt i Excel-dokumentet dagligen är:

- Godkända enheter
- Ej godkända enheter
- Omarbetade och sedan godkända enheter
- Omarbetade och sedan ej godkända enheter
- Antal operatörer
- Drifttid
- Antal stop
- Stilleståndstid
- Tid för omarbetning
- Total Tid

Information om varje stopp/fel antecknas i dokumentet. Då väljs orsak från listan med de 60 stoppsorsaker respektive 150 felorsaker som finns sedan innan i dokumentet, alternativt definieras en ny orsak. Sedan knyts orsaken till berörd station, antal gånger det inträffat och uppskattad tidsförlust. Företaget har valt att dela in produktionslinjen i fyra stationer i dokumentet och inmatning sker enligt figur 5.2-5.4 nedan.

1	Date	Shift	Operation	Pass	Failed	ReworkPass	ReworkFail	Operators	Operation Time	Stops	DownTime	ReworkTime	Total tid
2													
3	8/6/2018	Day	Station 1										
4	8/6/2018	Day	Station 2										
5	8/6/2018	Day	Station 3										
6	8/6/2018	Day	Station 4										

Figur 5.2: Inmatning av produktionsdata.

Date	Shift	Operation	Stop Cause	Number	Time

Figur 5.3: Inmatning av stoppsorsak.

Date	Shift	Operation	ProductGroup	Failure mode	Number

Figur 5.4: Inmatning av felorsak.

Med den inmatade datan i Excel-dokumentet beräknas OEE, FPY och produktivitet ut per automatik med följande ekvationer:

$$OEE = (Tillgänglighet * (Anläggningsutnyttjande) * (Kvalitetsutbyte)) \quad (5.4)$$

$$Tillgänglighet = (Drifftid)/(8) \quad (5.5)$$

$$\text{Anläggningsutnyttjande} = [(Drifttid) - (Stilleståndstid)] / (Drifttid) \quad (5.6)$$

$$\text{Kvalitetsutbyte} = [(Godkända enheter) + (0.8 * Godkända omarbetade enheter)] / (\text{Totalt antal enheter})$$

$$\text{Produktivitet} = (\text{Godkända enheter}) / [(Drifttid) * (\text{Antal operatörer})] \quad (5.7)$$

$$FPY = (\text{Godkända enheter}) / (\text{Totalt antal enheter}) \quad (5.8)$$

Vid jämförelse av ekvationerna 5.7-5.12 från företagets Excel-dokumentet och ekvationen 5.1-5.6 hur företaget tror de beräknar ses att uträkningarna är identiska för FPY och Produktivitet. Beräkningar för OEE skiljer sig dock från ekvationerna.

För Tillgänglighet kan ses att beräkningarna mellan företagets och Najakimas sätt i ekvation skiljer sig åt. Planerad drifttid beräknas alltid till åtta timmar av företaget och tar därmed inte hänsyn till hur mycket produktion som faktiskt är förlagt på produktionslinjen.

För Anläggningsutnyttjande kan ses att beräkningarna mellan företagets och Najakimas sätt i ekvation skiljer sig åt. Företagets sätt att räkna tar ingen hänsyn till cykeltid utan resulterar i ett samband mellan Stilleståndstid och Drifttid.

För Kvalitetsutbyte kan ses att beräkningarna mellan företagets och Najakimas sätt i ekvation skiljer sig åt. Företaget har till skillnad från Nakajimas beräkningar tagit hänsyn till de omarbetade delarna som blivit godkända samt valt att använda en faktor av 0.8 till dessa.

Vid beräkningar i dokumentet har produktionslinjen delats in i fyra stationer. Uträkningar för OEE, FPY, Quality och Produktivitet beräknas individuellt för de fyra stationerna.

5.2.1 Intervju med personal

Intervjuer och demonstrationer av personal gav insyn i arbetsmetoderna i Excel-dokumentet, hur man räknar fel- och stopporsaker, passerade/kasserade enheter, och stilleståndstid. En synpunkt som tydligt framgick från personalen är hur de långa listorna med fel- och stopporsaker blir problematiska. Personalen upplever det som tidskrävande och svårt att hitta rätt orsak att mata in när det finns över 150 stycken orsaker att välja på.

Vid kategoriseringen av stopp eller felorsaker generaliserades vissa stopp trots de långa listorna med detaljerade orsaker, de detaljerade orsakerna verkar först används då flertalet stopp av samma orsak uppträder.

Under demonstration av hur rapportering utfördes ställdes frågan om manual eller rutin fanns tillgänglig om osäkerhet skulle uppstå hur dokumentet skall fyllas i. Då uppgavs att hur rapporteringen skall utföras lärts ut muntligt och om manualer eller instruktioner existerar så fanns de inte tillgängliga där rapporteringen utförs, i alla fall inte till personalens kännedom.

5.3 Kategorisering och identifiering av fel

5.3.1 Problemlösning

I Excel-dokumentet genereras paretodiagram, där användaren själv kan välja tidshorisont. I diagrammet inkluderas fel från samtliga stationer vilket eventuellt kan vara ett problem. Då stationerna utför olika arbeten så uppträder olika fel på olika stationer.

De olika felen kopplas även till produkttyp då det är fyra olika varianter av produkten som bearbetas på linan. Paretodiagrammet tar per automatik hänsyn till alla produkttyper, utan valmöjligheter.

5 varför-metoden är också något som används, dock inte inom Excel-dokumentet. I en databas som sträcker sig över flera koncerner lagras uppgifter om felidentifiering och uppföljning, där bland annat ett ark med 5 varför fylls i.

I samma databas används något man kallar för Kvalitetscirklar där man enligt DMAIC-modellen (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) systematiskt arbetar med problemlösning. Tillvägagångssättet ser ut som följande:

- Övergripande definition av problemet. Vad som händer, i vilket sammanhang, och varför. Problemet rankas i allvarsgrad efter omfattning och kostnad vilket sedan sammanställs.
- Arbetslag definieras. Kvalitetscirklar utförs på nivå 1, 2 och 3 där siffran symboliserar hur högt upp i företagsorganisationen arbetet uträttas.
- Definiera direkta och kortsiktiga åtgärder. Om en kund exempelvis har fått en defekt produkt så ersätts den snarast möjligt.
- Man brainstormar olika potentiella orsaker vilket sammanställs i en 7M-diagram.
- Orsaker importeras till en analysflik och analyseras, utvärderas och testas.
- Möjliga förebyggande åtgärder testas och analyseras. Åtgärder prioriteras sedan efter effektivitet.
- Slutligen vill man kontrollera problemet genom att mäta och jämföra nyckeltal som MTBF och MTTR.

5.4 Förslag på förbättringar av nuvarande rapportering

5.4.1 Excel-dokument

Analysen av nuvarande rapportering gav möjlighet till flera förbättringar i Excel-dokumentet i linje med den teorin som undersökts. Utgångspunkten var här att skapa enkla förbättringar i dokumentet som höjer kvaliteten på uträkningarna utan en högre arbetsbelastning för de berörda.

5.4.1.1 OEE

Följande ändringar gjordes för beräkningarna av OEE:

- OEE beräknas för hela produktionslinjen, ej för varje station som innan.
- OEE beräknas med de formler som Nakajima definierade. De nya ekvationerna kräver att Ideal cykeltid införs.

5.4.1.2 Analys

Följande ändringar gjordes för att underlätta analys av felorsaker :

- Paretdiagram för felorsaker har uppdaterats med valbara filter för val mellan olika produkter och stationer.
- Paretdiagram för stopporsaker har uppdaterats med valbara filter för val mellan olika produkter och stationer.
- Listan med stopp och felorsaker har kortats ner och förenklats då likartade fel har slagits ihop. Kopplingen till paretdiagrammen fungerar som avsett vilket förbättrat överskådligheten.
- Möjlighet att lägga en kommentar till den aktuella fel/stopporsaken.

Resultatet av dessa förändringar är att det numera är möjligt att i detalj studera hur en specifik station beter sig för en specifik produkt.

5.4.1.3 Övriga ändringar

- Vid inmatning av antalet producerade enheter så matas totala antalet enheter in först, sedan matas antalet ej godkända enheter in för varje station. Dokumentet beräknar per automatik ut antalet passerade per station, istället för huvudräkning som tidigare.
- FPY-diagram har tidigare visat antal, ändrat till procent.
- Staplar i FPY-diagram har varit förskjutna, åtgärdat för förenklad avläsning.
- Beräkning av Produktivitet ändras så att antalet operatörer matas in, inte genomsnitt antal operatörer per station.

5.4.2 Mätning

För att höja kvalitén på data krävs en insamling av Drifttid och Stilleståndstid som har högre precision än i dagsläget.

5.4.3 Rutiner

För att systemet skall vara repeterbart har instruktioner hur rapporteringen skall utföras skapats. Dessa bör placeras i direkt närhet till den dator som idag används för att fylla i dokumentet och på så vis alltid finnas tillgänglig vid behov.

För att undvika att återigen få långa listor med orsaker rekommenderas att en rutin införs att operatör först skall diskutera införandet av ny orsak med överordnad.

5.5 System för produktionsrapportering

Muchiri, Pintelon och Robert C. Hansen kommer till slutsatserna att en insamling av produktionsdata med hög precision är en förutsättning för att erhålla en produktionsrapportering som är representativ för verkligheten [3][1]. För att minimera manuell hantering och samla in produktionsdata med hög precision finns ett stort antal olika system på marknaden idag för automatiserad insamling av produktionsdata.

Utbudet varierar från enkla system där användaren manuellt rapporterar in produktionsdata till mycket avancerade system med komplicerade gränssnitt mot produktionsutrustning för att per automatik samla in produktionsdata sekund för sekund.

5.5.1 Kravbild

Tillsammans med företaget togs en kravbild fram för att matcha mot befintliga system för produktionsrapportering.

Krav:

- Beräkning av OEE
- Beräkning av FPY
- Beräkning av Quality
- Registrering av stopporsaker
- Paretdiagram
- Möjlighet för enkel fortsatt utbyggnad av systemet till resterande produktion
- Visualisering av produktionsdata via någon form av skärm
- Exportering av stoppdata till .xls/.csv för enkel datahantering
- Beräkning av MTBF
- Beräkning av MTTR

Önskvärda funktioner:

- Enkla utskrifter av grafer och listor
- Att i programmet själva kan skapa mätetal utifrån datan som plockas in

5.5.2 Marknadsanalys

Flertalet fabrikat för system har granskats. Fokus har legat på system med huvudsyfte för produktionsrapportering mer avancerade system med fokus på styrning

av produktion har sorterats bort. Likheterna mellan de flesta fabrikaten bedöms som mycket stor och de flesta marknadsför sig med samma argument. Några av de fabrikat som granskats är:

- Good Solutions
- Vorne
- Optiware
- Qisoft
- Novotek
- Balthazar
- Evocon
- Idhammar Systems
- Rockwell Automation
- OEEsystems

Tre fabrikat som alla har system som uppfyllde kravspecen valdes ut för närmare analys. Utgångspunkten var att välja tre fabrikat med varierade komplexitet för att ge en bredd på valmöjligheter. De fabrikat som valde var: Good Solutions, Vorne och OEE Systems.

5.5.3 Good Solutions

Good Solutions är ett Göteborgsbaserat företag som erbjuder skalbara system för mätning av produktionsdata samt vad de kallar "Datadriven produktionsledning".

Good Solutions har för tillfället två relevanta produkter vid namn RS Production OEE, RS Production I4 PRO samt ett antal programtillägg för specifika lösningar såsom maskinlarmshantering. Good Solutions uppger att de har hjälpt till att installera produktionsrapportering på över 150 fabriker [15].

5.5.3.1 RS Production OEE

RS Production OEE är ett verktyg för produktions- och störningsuppföljning genom insamling av produktionsdata, sammanställning av produktionsdata och slutligen visualisering av produktionsdata med mätetal såsom OEE [16]. Good Solutions framhäver följande egenskaper för RS Production OEE[16].

- Mätning av producerad, kasserad, omarbetad och godkänd produktionsvolym.
- Automatiska mail och utskrifter.
- Standardiserade rapporter för daglig styrning.
- Automatisk och manuell kodning av stopp, hastighets- och kvalitetsförluster.
- Störningar kan kodas med orsakskod och stationskod.
- Använd kategorier för att bygga upp en förlustmodell och adressera förluster till olika roller och funktioner.
- Rapporter och analyser för OEE,TEEP, vattenfallsmodell, aggregering av data
Trender
- Cykeltidsuppföljning
- Ställtidsuppföljning, ställtidsmatris

- Underhållsmätetal, Teknisk tillgänglighet, MTBF, MDT
- Få kontroll på nuläge i realtid direkt i din telefon.
- Skapa egna visualiseringar för TV-skärmar etc.

5.5.3.2 RS Production I4 PRO

RS Production I4 Pro innehåller alla funktioner som RS Production OEE men med möjlighet att integrera med affärs/underhållsystem[17].

5.5.3.3 Datainsamling

Good Solutions har möjlighet att erbjuda kommunikation via ett antal olika protokoll för insamling av data från produktionsutrustning [18]. I de fall då sådana signaler inte finns tillgängliga så installeras en standardbox för insamling av data[18].

5.5.4 Vorne

Vorne är ett företag som specialiserar sig på mätutrustning för OEE. Produkten bedöms vara av enklare karaktär, men erbjuder i det stora hela samma tjänster som de flesta andra alternativ på marknaden. De har över 20 000 installationer av systemet i 45 länder [19]. Vorne framhäver följande egenskaper för sitt system Vorne XL[19].

- Realtidsmätning och visualisering av OEE
- Integrerad mätning och rapportgenerering
- Precis mätning av stopptid
- Analysverktyg med bland annat paretdiagram
- visualiseringar med TV-skärmar och tavlor
- 105 olika mätetal

5.5.4.1 Vorne XL

Något som framhävs av Vorne är den snabba installation samt att inga servrar eller mjukvaror krävs då tillgång till rapporteringar och uppföljning sker via webbläsare[19]. Mätetal visualiseras på en tavla av varierande storlek beroende vilka mätetal som valts att mätas. [20].

Systemet kan kompletteras med utrustningar som streckodsläsare, extra visualiseringar som exempelvis tv-skärm på annan plats samt stöd för integreringar med vissa affärssystem [21].

5.5.4.2 Datainsamling

Systemet från Vorne baseras på två sensorer som monteras i befintlig maskin för insamling av data, men stöd finns för insamling via befintliga styrsystem som exempelvis PLC [19].

Rapportering av stopporsaker sker i huvudsak via att med streckkodsläsare registrera stopporsaker via en fördefinierad lista, alternativt via webbläsare inloggad i systemet[22].

5.5.5 OEEsystems

OEEsystems produkt PerformOEE är ett system för insamling, mätning, analys och rapportering av effektivitet med OEE som dess främsta mätetal [23]. OEEsystems menar att deras system är en intelligent lösning som i realtid kan ge återkoppling. OEEsystems framhäver följande egenskaper för sitt system [24]:

- Realtidsmätning och visualisering av problem och åtgärder i realtid.
- Möjlighet till kommentarer och orsakskoder
- Paretodiagram
- MTBF
- Automatiska rapporter
- Root Cause Analysis
- Finansiell analys och koppling till OEE
- Skalbart

5.5.5.1 Datainsamling

Systemet använder främst tre olika metoder att för datainsamling. Insamling via befintlig PLC, modul för insamling av signaler eller en skärm för manuell inmatning [23].

6

Diskussion och Slutsats

I detta kapitel presenteras och diskuteras slutsatser som kan dras av arbetets resultat.

6.1 Nuvarande arbetsätt

Slutsatsen kan dras att nuvarande system för produktionsrapportering vid produktionslinjen ger utrymme för flera förbättringar för att användas på bäst sätt, varav flera kan införas med enkla medel som presenterats i kapitlet 5.4.

Nuvarande lösning med rapportering i Excel bedöms som fullt tillräckligt för att ge en representativ bild över produktionen, förutsatt att tillförlitligheten på insamlad data höjs samt att de enkla förbättringar som föreslagits i kapitel 5.4 implementeras. Det påståendet stöds av Robert C. Hansen som nämner att en enkel typ av datainsamling inte nödvändigtvis ger ett sämre resultat än ett mer avancerat system[3].

Slutsatsen kan även dras att nuvarande system är starkt beroende av hög noggrannhet hos rapporteringen. Därför bedöms det som kritiskt att göra rapporteringen så enkel och tidseffektiv som möjligt. Här anses det att det saknas en del relevanta hjälpmedel till personalen, något som företaget bör se över. Främst att det saknas en exakt insamling av drifttid för OEE ses som problematisk, det förutsätts i nuläget att personalen själv ska bedöma stopptid och drifttid vilket både försämrar precisionen och ökar arbetsbelastningen. Det kan antas att vid stopp så har den personal som manuellt skall hålla koll på tiden fullt upp med att åtgärda det aktuella stoppet.

Avsaknaden av tillgänglig manual för rapporteringen ses också som ett allvarligt problem, bedömningen är att repeterbarheten försämrar avsevärt. Det bör finnas en tydlig rutin på plats där rapporteringen utförs för att säkerställa en hög riktighetsgrad hos rapporteringen. Lämnas utrymme för godtyckliga tolkningar lämnas också utrymme för felaktig rapportering.

Vid intervjuer utgick personal från att tillgänglig arbetstid per dag var 7.3 timmar vilket var den planerade arbetstid som används. Samtidigt beräknas OEE alltid med 8 timmar tillgänglig arbetstid. Det omöjliggör att nå upp i full Tillgänglighet en normal arbetsdag. Då företaget uttryckt ett önskemål att visualisera produk-

tionsdata mer i framtiden så bör kanske beaktas att det kan vara omotiverande för personal att inte ens teoretiskt kunna nå full Tillgänglighet.

Slutsatsen kan dras att nuvarande beräkningssätt inte fungerar så som det är tänkt. Det påståendet baseras på att inte samma beräkningar används i Excel-dokumentet som företaget själva anser att de bör beräkna. Nuvarande beräkningsätt ger troligen inte heller en representativ OEE, vilken baseras på följande:

- Högre frekventa stopp som bör påverka Anläggningsutnyttjande ger idag inget utslag och därav saknas en av delarna för OEE.
- Beräkningen av Kvalitetsutbyte har ej gått att förankra i litteratur.

Därför rekommenderas övergången till de av Nakajima definierade beräkningar för OEE. Denna övergång skulle möjliggöra en enklare analys och förståelse för OEE då Nakajimas beräkningar är vanligt förekommande inom industrin samt enkelt kan koppla förluster till orsaker. Dessa beräkningar ligger också i linje med de beräkningar som företaget centralt rekommenderar vilket ytterligare stärker den rekommendationen.

Nedan i figur 6.1 ses ett fiktivt exempel med avsikt att visa att de två olika beräkningarna av OEE kan ge stor skillnad i resultat.

Planerad drifttid	Drifttid	Stilleståndtid	Totalt producerade enheter	Omarbetade godkända enheter
8 tim	6 tim	2 tim	100 st	10 st
Godkända enheter	Ej godkända enheter	Cykeltid	Ideal cykeltid	
70 st	20 st	216s	200s	
Nakajima metod att beräkna OEE				
Tillgänglighet	((Drifttid))/(Planerad drifttid)			6/8=0.75
Anläggningsnyttjande	((Totalt antal enheter)*(Ideal cykeltid))/(Drifttid)			(100*200)/(6*60*60)=0.93
Kvalitetsutbyte	((Totalt antal enheter)-(Ej godkända enheter))/(Totalt antal enheter)			(100-20)/100=0.8
OEE	0.75*0.93*0.8=0.56=56%			
Företagets metod att beräkna OEE				
Tillgänglighet	(Drifttid)/8			6/8=0.75
Anläggningsnyttjande	(Drifttid)-(Stilleståndtid)/(Drifttid)			(6-2)/6=0.67
Kvalitetsutbyte	((Godkända enheter)+0.8*(Omarbetade enheter))/(Totalt antal enheter)			(70+0.8*10)/100=0.71
OEE	0.75*0.67*0.71=0.36=36%			

Figur 6.1: Exempel på beräkningar av OEE

Skillnad mellan de två beräkningssätten kan uppstå i Tillgänglighet, Anläggning-utnyttjande och Kvalitetsutbyte och varierar beroende på aktuell produktionsdata. Nakajimas sätt att räkna ger i detta fiktiva exempel OEE på 56% medan företagets sätt att räkna endast ger 36%. Detta kan ju ses som en betydande skillnad. Om en sådan stor skillnad i resultat även kan ses med företagets riktiga produktionsdata kan skulle det kunna få konsekvenser. Om exempelvis företaget har uppsatta mål att nå för OEE och inte uppnår dessa på grund av felaktiga beräkningar skulle aktuell avdelning/fabrik kunna upplevas som mindre konkurrenskraftig och exempelvis inte få förtroende till utökad produktion.

Den största begränsningen som ses med nuvarande system för produktionsrapportering är att Excel-dokumentet är uppbyggt kring arbetsdagar istället för order. Detta blir ett problem de dagar då flera produkttyper körs efter som de har olika

cykeltider. Här insågs att det fanns tre alternativ vid en övergång till beräkning av OEE med Nakajimas beräkningar som kräver cykeltid. Det första vore en stor revidering av Excel-dokumentet där det blir uppbyggt kring OEE på enskilda ordrar. Det anses vara det mest korrekta alternativet men det ansågs inte ligga i linje med arbetet då det vore att skapa ett nytt system för rapportering, inte förbättra det nuvarande.

Ett annat alternativ var att dagligen beräkna vad en genomsnittlig Ideal cykeltid borde varit. Det alternativet hade ökat komplexiteten, arbetsbelastningen samt inte resulterat i en sann OEE, därav övergavs även de alternativet.

Det alternativet som valdes tillsammans med företaget var att den snabbaste av cykeltiderna alltid används som Ideal cykeltid. Det är en inkorrekt men samtidigt enkel och användbar lösning då de aktuella cykeltider ligger nära varandra. Detta försvaras med att OEE inte skall användas som ett mått på effektivitet utan är enkelt verktyg för att hitta möjligheter till förbättringar vilket fortfarande anses vara möjligt.

Företaget har jobbat med det aktuella Excel-dokumentet i två och ett halvt år, och uppfattningen från författarna var att personalen endast hade fått en övergripande demonstration när man började med rapportering i dokumentet. En djupare inblick i hur man räknar valda KPI och varför dokumentet behövs hade varit nyttig för ett säkerställande av att nödvändig data fylls i på rätt sätt.

Det nuvarande arbetssättet har resulterat i de långa listorna för fel och stoppsaker. Det problemet tydliggörs i paretodiagrammen som blir väldigt svårtydda med många orsaker och få valbara filter, vilket kan ses i figur 6.2 nedan. Problemet uppstår främst över en längre tidshorisont då det stora antalet felorsaker blottas. Kombinerat med observerade tendenser att specifika orsaker ej används förrän de inträffat flertalet gånger kan slutsatsen dras att systemet med väldigt specifika beskrivningar på felorsaker inte fungerar som tänkt.

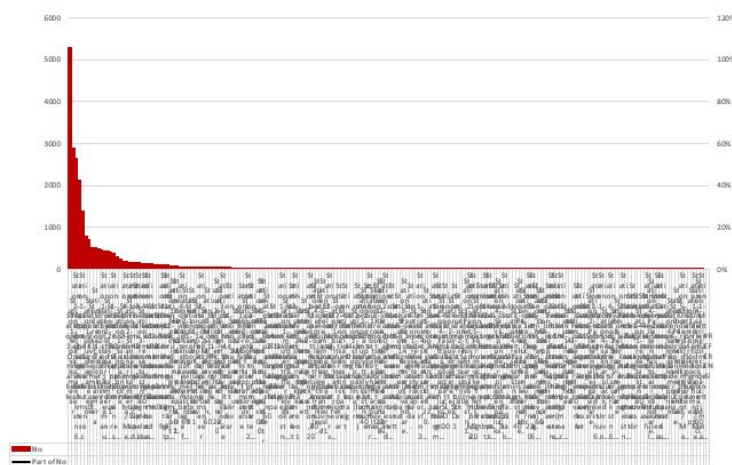


Figure 6.2: Exempel på Paretodiagram med många orsaker från Excel-dokumentet.

Det man kan få ut av ett fungerande paretodiagram med filter är möjligheten att observera fördelningen av fel- och stopp, både på olika stationer samt vid körning av olika produkttyper. Dessutom ska det vara möjligt att studera diagrammet över en längre tidshorisont.

En potentiell lösning på det problemet är att personalen inte definierar dessa fel- och stoppsorsaker själv, utan tillsammans med överordnad diskuterar. Ytterligare en rekommendation är att dessa orsaker inte ska överstiga 25 i antalet då det komplicerar analysen, något som stöds av Vorne industries [6].

Kombinationen av de nyckeltal som används av företaget stöds av den teori som setts under arbets gång. Att exempelvis bara använda OEE som drivande faktor kan vara begränsande då det inte gynnar förbättring av cykeltider eller ger en tydligare ekonomisk koppling som exempelvis Produktivitet ger via mantimmar.

6.2 Ändringar i dokumentet

Beräkningen av Produktivitet sker idag på varje station. Den går till så att vid ifyllning av dokumentet så krävs att operatören själv beräknar hur mycket personal har varit aktiv under dagen och delar detta på det fyra stationerna. En oanvändarvänlig lösning. Denna metod ger ett medelvärde för varje station som är svår att se relevans i. Slutsatsen drogs att beräkning av Produktivitet för hela linjen under hela dagen skulle anses vara mer användbar.

Beräkningen av OEE utförs också för de fyra stationerna var för sig, något som kan göra analysen för att hitta förluster svårare. För att ge en rättvis bild av OEE för varje station så krävs hänsyn till exempelvis varje stations Ideala cykeltid, något som inte tas idag.

Slutsatsen drogs att vid en övergång till att beräkna endast en OEE för hela produktionslinjen skulle kunna göra analys av OEE simplare. Det skulle resultera i en Tillgänglighet som visar när produktionslinjen inte är i drift. Eftersom inga långa buffertar i produktionslinjen finns blir de enskilda stationernas Tillgänglighet mycket nära produktionslinjens. Med nuvarande rapporteringar av stoppsorsaker så skulle det bli enklare att analysera orsaker till förluster i Tillgänglighet.

För uträkningar av Anläggningsutnyttjande definierade en Ideal cykeltid. Den cykeltiden används sedan för att räkna ut Anläggningsutnyttjande. En analys av varför förluster uppstår i Anläggningsutnyttjande skulle inte vara mer komplicerad än nuvarande om endast en OEE används för hela linjen. Detta på grund av risk finns att domino-effekt uppstår i det nuvarande sättet då exempelvis en förändrad cykeltid i station 1 också kan ge mikrostörningar i station 3 då station 3 kan behöva vänta. Listan med stopp/felorsaker används för att identifiera korta störningar som inte resulterar i stopp på hel produktionslinjen och kontinuerligt arbeta med att sänka cykeltiden i flaskahalsar kan utföras.

Med en OEE för hela linjen skulle beräkningen av Kvalitetsutbyte ge en bild av kvalitetsproblemen för hela linjen. För att identifiera var de enskilda kvalitetsproblemen uppstår kan enkelt ses om Quality och FPY fortsatt beräknas enskilt för de fyra stationerna.

En beräkning av OEE för hela produktionslinjen skulle alltså kunna underlätta analysen då den enkelt kan kopplas till de olika förlustkategorierna. En OEE för en hel produktionslinje förekommer, Panagiotis Tsarouhas visar i två av sina rapporter att det kan vara en framgångsrik metod även för stora komplicerade produktionslinor [25][26].

Ett moment som uppfattades som förvirrade vid demonstrationen var hur passerade enheter per station fylls i. Antalet passerade enheter beräknas automatiskt för hela linjen, ej per station och visualiseras på en skärm. Vid inmatning i dokumentet avläses skärmen alternativt så adderas körda order manuellt. Vid inmatning subtraheras antalet kasseringar och omarbetningar som manuellt beräknats för varje separat station. Problemet blir att beräkningarna då kan visa att det har passerat fler godkända enheter på sista stationen än första stationen, vilket är mycket förvirrande.

Slutsatsen drogs att ett mer simpelt och korrekt sätt vore är att utgå från totala antalet godkända enheter i sista stationen på produktionslinjen, och ackumulativt addera dessa med antalet kasseringar för varje station.

6.3 Långsiktiga förbättringar

Det är klarlagt att tillförlitligheten på mätetal är baserat på precisionen i den inhämtade datan. En teknisk lösning på inhämtning av produktionsdata jämfört med den idag manuella versionen skulle högst sannolikt resultera i en högre precision. Framförallt ses fördelar med att en digital eller annan manuell lösning som baserar på order istället för dag skulle göra det möjligt att mäta OEE för de olika produkttyperna som körs med olika cykeltider, ett stor förbättring. Oavsett om lösningen är digital eller manuell så är all rapportering beroende av en välinformerad personal som har förståelse och kunskap hur systemet skall användas.

Slutsatsen kan dras att en digital lösning för inhämtning av produktionsdata medför dock inga mervärden i sig själv utan är endast ett verktyg. Det som kan skapa värden för företaget är att motarbeta identifierade förluster och bakomliggande orsaker vilket kräver en organisation som aktivt jobbar med de värden som den digitala lösningen genererat.

6.4 System för produktionsrapportering

Det har konstaterats att det finns ett stort antal system för produktionsrapportering på marknaden. Likheter mellan dessa olika system är slående vilket kan göra val av leverantör svårt. Vid val av system rekommenderas att företaget först skapar en långsiktig plan över behov. Avser man att integrera denna typ produktionsrapportering på alla maskiner i fabriken samt att integrera med en affärsplattform och underhållssystem anser det logiskt att välja ett mer avancerat system som stödjer detta.

Om så inte är fallet rekommenderas ett enklare system som stödjer de uträkningar företaget avser sig att använda samt har en simpel installation och drift. Troligtvis kräver dessutom ett sådant system en mindre investering.

Det valdes att presentera tre olika system från Vorne, Good Solutions och OEEsystems som alternativ till företaget, men det finns utan tvekan fler system som uppfyller kravspecen. De systemen valdes då komplexiteten mellan de olika systemen och storleken på företagen varierar och därav varierar valet av system med vilken långsiktig plan företaget väljer.

Resultatet att installera ett av dessa system skulle troligen ge en högre precision på de mätetal som används då mätning av tider skulle ske automatiskt istället för manuellt som sker idag. Det skulle resultera i en mindre arbetsbörda då dessa system innehåller ett enklare och professionella gränssnitt än Excel-dokumentet och troligen minska arbetsbördan för operatörerna på produktionslinjen.

De tre utvalda systemen bör inte kräva några omfattande ändringar i företagets arbetssätt om de införs. Systemet skulle ersätta nuvarande Excel-dokumentet som plattform för att rapportera och analysera data. Alla systemen innehåller liknande sätt att framhäva förluster och orsaker via paretodiagram som liknar de som används i Excel-dokumentet idag. Företagets rutiner för problemlösning skulle fortsätta som vanligt då det sker oberoende av produktionsrapporteringssystem.

Vornes system "XL" utmärker sig framförallt som ett enkelt system till en engångskostnad med snabb installation och bedöms som ett bra alternativ om man vill ha ett enkelt system men samtidigt hög precision på insamlad data och ett stort antal mätetal. Nackdelar med systemet anses vara att allt är standardiserat, så möjligheten att själv modifiera mätetal som företaget önskat saknas. Att systemet baseras på att scanna in orsakskoder till fel och stopp kan upplevas som omodernt, men det är antagligen en enkelt tillvägagångssätt.

Good Solutions bedöms som ett bra val om företaget vill ha ett mer avancerat och anpassningsbart verktyg än Vorne. Good Solutions närhet och möjlighet till anpassningar bedöms som dess största styrka medan den högre kostnaden samt längre installationstid är en nackdel jämfört med Vorne.

OEEsystems bedöms likt Good Solutions system vara mer avancerad än Vorne. Här ligger kanske skillnaden mer i vilken typ av leverantör företagen vill välja, en lokal svensk leverantör eller en internationell leverantör.

Utöver fördelar med att digitala lösningar troligen skulle underlätta att leverera produktionsdata med hög precision så finns det andra fördelar som kan vara relevanta att framhäva. De system som undersökts stödjer någon form av visuellt gränssnitt för att visa produktionsdata i realtid, lösningar som baseras på tv-apparater, pekskrmar alternativt någon form av tavla. Det möjliggör placering av produktionsdata i närhet till exempelvis aktuell produktionsutrustning, på mötesplatser eller kontor där personal enkelt kan följa aktuell produktionen, något som ligger i linje med den önskan från företaget att visualisera produktion mer ytterligare.

Hur rapportering sker i ett mer automatiserat system varierar givetvis med valt system. Då det idag rapporteras manuellt på fyra ställen på produktionslinjen så är det troligt att detta i viss mån kommer att fortsätta, inte minst för att anteckna felorsaker. Exempelvis så skulle ordrar, stoppsaker och liknande hantering skötas på Station 1 medan felorsaker som inte stoppar produktion skrivs ner i efterhand, likt dagens system.

6.5 Globala mål för hållbar utveckling

Detta arbete ligger i linje med flera av FN:s mål för hållbar utveckling rörande industriproduktion, såsom mål 8: "Anständiga arbetsvilkor och ekonomisk tillväxt", mål 9: "Hållbar industri, innovationer och infrastruktur", mål 12: "Hållbar konsumtion och produktion".

Dessa mål berörs då användning av nyckeltal kan leda till effektivare industriproduktion som gynnar anständiga anställningsvilkor inom svensk industri, ger en hållbarare produktion då effektiviteten för befintlig utrustning ökar samt att en minskad kassaktion ger mindre slöseri med resurser. Industriproduktion förlagd i Sverige anses också omfattas av ett jämförelsevis strikt regelverk för miljö och personal jämfört med vissa andra länder vilket kan vara positivt både för den enskilda individen samt miljön.

Ur etisk synvinkel är arbetet också positivt då en eventuell ökad effektivitet kan verka för att göra svensk industri mer konkurrenskraftig och på det viset behålla eller öka möjligheter till arbete i Sverige.

Referenser

- [1] L. Pintelon P.Muchiri. Performance measurement using overall equipment effectiveness (oeo): literature review and practical application discussion. 2008.
- [2] Benita M Beamon. Measuring supply chain performance. *International journal of operations & production management*, 1999.
- [3] Robert C. Hansen. *overall equipment effectiveness*. Industrial Press Inc, 2001.
- [4] Mark Eaton. *The Lean Practitioner's Handbook*. Kogan page, 2013.
- [5] Seiichi Nakajima. Introduction to tpm: total productive maintenance.(translation). *Productivity Press, Inc., 1988*,, page 129, 1988.
- [6] Vorne Industries Inc. Down time tips. 2014.
- [7] C. Andersson & M. Bellgran. On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining oee and productivity. 2015.
- [8] Six Sigma Material. [online]. tillgänglig: <https://www.six-sigma-material.com/throughput-yield.html>. hämtad: 2020-01-29], 2019.
- [9] Cleverism. [online]. tillgänglig: <https://www.cleverism.com/lexicon/productivity-formula-definition>. hämtad 2020-02-01, 2016.
- [10] Adam Barone. [online]. tillgänglig: <https://www.investopedia.com/ask/answers/040715/how-productivity-calculated.asp>. hämtad 2020-02-01, 2019.
- [11] Nenni Iannone. Managing oee to optimize factory performance. 2013.
- [12] Jürgen Kletti. *Manufacturing Execution System - MES*. Springer, 2007.
- [13] Bizfluent. [online]. tillgänglig: <https://bizfluent.com/how-7386384-calculate-first-pass-yield.html>. hämtad: 2020-02-01, 2018.
- [14] Steven Borris. *Total productive maintenance*. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2006.
- [15] Good Solutions Sweden AB. [online]. tillgänglig: <https://goodsolutions.se/>. hämtad: 2020-03-19.
- [16] Good Solutions Sweden AB. [online]. tillgänglig: <https://goodsolutions.se/produkter-och-tjanster/rs-production-2-2/>. hämtad: 2020-03-19.
- [17] Good Solutions Sweden AB. [online]. tillgänglig: <https://goodsolutions.se/produkter-och-tjanster/rs-production-2/>. hämtad: 2020-03-19.
- [18] Good Solutions Sweden AB. [online]. tillgänglig: <https://goodsolutions.se/integrationer/>. hämtad: 2020-03-19.
- [19] Vorne Industries Inc. [online]. tillgänglig: <https://www.vorne.com/>. hämtad: 2020-03-05.

- [20] Vorne Industries Inc. [online].tillgänglig:<https://www.vorne.com/solutions.htm#applications>. hämtad: 2020-03-20.
- [21] Vorne Industries Inc. [online]. tillgänglig: <https://www.vorne.com/integration-tools.htm>. hämtad: 2020-03-20.
- [22] Vorne Industries Inc. [online].tillgänglig:<https://www.vorne.com/pdf/meet-xl.pdf>. hämtad: 2020-04-11.
- [23] OEEsystems International. [online].tillgänglig:<https://www.oeeystems.com/knowledge/oeefaq/>. hämtad: 2020-03-24.
- [24] OEEsystems International. [online].tillgänglig:<https://www.oeeystems.com/solution/functional>. hämtad: 2020-03-24.
- [25] Panagiotis Tsarouhas. Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (oee) a case study. 2019.
- [26] Panagiotis Tsarouhas. Overall equipment effectiveness (oee) evaluation for an automated ice cream production line: A case study. 2019.