

**Dahl Katja**

**PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUS  
JA OEE -LASKENTA**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Tammikuu 2012**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieskan yksikkö	<b>Aika</b> Tammikuu 2012	<b>Tekijä/tekijät</b> Dahl Katja
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalouden koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUS JA OEE -LASKENTA		
<b>Työn ohjaaja</b> Dipl.ins. Salmela Heikki	<b>Sivumäärä</b> 56 + 4	
<b>Työelämäohjaaja</b> Keh.ins. Kokkonen Antti & Keh.pääll. Kuitunen Marko		
<p>Tämän opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n Oulaisten Paaluvarustelutehtaalle 1.11.2011–18.1.2012 välisenä aikana.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää Paaluvarustelutehtaalle OEE-luku, etsiä tuotannossa olevat pullonkaulat ja tutkia keinoja, joilla kokonaistehokkuutta voidaan mitata.</p> <p>Työ aloitettiin Paaluvarustelutehtaan tuotannon seurannalla ja manuaalisesti tapahtuvalla kellotuksella, jonka jälkeen saadut aikatiedot kirjattiin Excel-taulukkoon. Saatujen aikatie-tojen perusteella määriteltiin työpisteiden pullonkaulat sekä tuotannon tehokkuuden eli OEE:n (Overall Equipment Effectiveness) laskemista varten käytettävyys- ja suorituskyky-arvot.</p> <p>Työpisteiden yleisimmäksi pullonkaulaksi paljastuivat asetusajat, joiden vaikutuksien pienentämiseksi luotiin kehitysideoita. Kokonaistehokkuuden arvon parantamiseksi arvoa tuottamatonta aikaa tulisi vähentää työpäivän aikana. Näin Paaluvarustelutehtaan OEE-luku saataisiin nousemaan.</p> <p>OEE-luku tulee toimimaan osana Paaluvarustelutehtaan palkkiopalkkausjärjestelmää ja todennäköisesti jo itse palkkiopalkkaus kannustaa työntekijöitä kohti parempaa tuotannon kokonaistehokkuutta.</p> <p>Työ sisältää salattuja osioita.</p>		
<b>Asiasanat</b> Kokonaistehokkuus, OEE		

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> January 2012	<b>Author</b> Dahl Katja
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS OF SHEET PILE WORKS AND OEE-CALCULATIONS		
<b>Instructor</b> M.Sc. Salmela Heikki		<b>Pages</b> 56 + 4
<b>Supervisor</b> Development Engineer Kokkonen Antti and Development Manager Kuitunen Marko		
<p>This thesis was made for Ruukki Metals Ltd. between 1st of November 2011 and 18th of January 2012.</p> <p>The purpose of this thesis was to define the OEE for the Oulainen Sheet Pile Works, find the bottlenecks and find out the ways to measure the overall effectiveness.</p> <p>The work began by observing and manually timing the manufacturing process of the Sheet Pile Works. After that the information was recorded to Excel. On the basis of the information, the bottlenecks and the OEE (Overall Equipment Effectiveness) of the Works were defined.</p> <p>It was found that the most common bottleneck of the Works was in set-up times. Some ideas were developed to reduce the effect of bottlenecks. The amount of unproductive time should be reduced during the workday to improve the effectiveness. By that improvement the OEE -rate would rise.</p> <p>The OEE -rate is going to be a part of the bonus pay system of the Sheet Pile Works and it is very likely that the bonus pay-system it self will encourage the workers to achieve a better effectiveness rate.</p> <p>Thesis includes concealed sections.</p>		

<p><b>Key words</b> OEE, Overall Equipment Effectiveness</p>
--

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

<b>KNL</b>	Käytettävyys, Nopeus, Laatu = kokonaistehokkuuden kolme osatekijää. Tässä työssä nopeuden tilalla on käytetty myös tekijää Suorituskyky.
<b>Meistaus</b>	Metallituotteen viimeistelyä, tässä nimitunnuksen kuviointia metalliin
<b>OEE</b>	Overall Equipment Effectiveness = kokonaistehokkuus. Tapa mitata tuotannon, tuotantolaitteiden tai -prosessin kokonaistehokkuutta jakamalla se kolmeen osatekijään (KNL).
<b>Pontti</b>	Putken kylkeen kiinnitettävä lukitusmekanismi. Pontin tarkoitus on kiinnittää putki toiseen, muodostaen paaluseinää. Virallinen nimitys lukko-profiili.
<b>SAW</b>	Submerged Arc Welding = jauhekaarihitsaus. Kaarihitsausta, jossa valo-kaari palaa hitsausjauheen alla hitsauslangan ja työkappaleen välissä.
<b>Silloitus</b>	Lyhyt hitsi, jolla kiinnitetään kappaleet toisiinsa väliaikaisesti.
<b>TPM</b>	Total Productive Maintenance = tuottava kunnossapito. Kunnossapito strategia, jossa kaikki työntekijät sitoutuvat huomioimaan kunnossapidon kaikessa toiminnassaan ja jossa jokaiselle laitteelle luodaan koko käyttöiän kattava ennakoiva kunnossapidon järjestelmä.
<b>UÄ -tarkastus</b>	Ultraäänitarkastus, rikkomaton aineen tarkastusmenetelmä.

## **ESIPUHE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n Oulaisten Paaluvarustelutehtaalle marraskuun 2011 ja tammikuun 2012 välisenä aikana.

Tahdon kiittää ohjaajiani Kehitysinsinööri Antti Kokkosta ja Diplomi-insinööri Heikki Salmelaa sekä asiantuntijaa Kehityspäällikkö Marko Kuitusta yhteistyöstä, saamastani avusta sekä kannustuksesta työni eri vaiheissa.

Kiitos kuuluu myös Oulaisten Paaluvarustelutehtaan työntekijöille, jotka jaksoivat neuvoa ja opastaa minua seurantajakson aikana sekä työn kirjoitusvaiheessa.

Erityiskiitokset omistan rakkaalle perheelleni tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELYT**  
**ESIPUHE**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 PAALUVARUSTELUTEHTAAN ESITTELY JA TUOTANNON KUVAUS</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Työpisteet (Salainen)</b>	<b>4</b>
2.1.1 Pontin silloitus (Salainen)	5
2.1.2 SAW-asema (Salainen)	6
2.1.3 Kärjen kiinnitys käsin (Salainen)	7
2.1.4 Kärjen kokoonpano robotilla (Salainen)	8
<b>2.2 Tuotteet</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Koneet ja laitteet (Salainen)</b>	<b>12</b>
<b>3 KOKONAISTEHOKKUUS ELI OEE</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Mitä OEE tarkoittaa?</b>	<b>14</b>
<b>3.2 OEE:sta saadut hyödyt</b>	<b>16</b>
<b>3.3 OEE-luvun laskemisperusteet</b>	<b>17</b>
3.3.1 Käytettävyys	18
3.3.2 Nopeus	19
3.3.3 Laatu	19
3.3.4 OEE:n laskuesimerkki	20
<b>4 PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITTÄMINEN (Salainen)</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Lähtötilanne (Salainen)</b>	<b>23</b>
<b>4.2 OEE-laskentaperusteiden soveltaminen Paaluvarustelutehtaaseen (Salainen)</b>	<b>24</b>
4.2.1 Käytettävyys (Salainen)	25
4.2.2 Suorituskyky (Salainen)	26
4.2.3 Laatu (Salainen)	27
<b>4.3 Tuotannon seuranta (Salainen)</b>	<b>28</b>
<b>4.4 OEE -tietojen keruu (Salainen)</b>	<b>29</b>
<b>4.5 Mittaamisen ongelmat (Salainen)</b>	<b>30</b>
<b>5 PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUTTA HAITTAAVIEN PULLONKAULOJEN ANALYYSINTI (Salainen)</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Pontin silloitus (Salainen)</b>	<b>32</b>
<b>5.2 SAW-asema (Salainen)</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Kärjen kiinnitys käsin (Salainen)</b>	<b>40</b>
<b>5.4 Kärjen kokoonpano robotilla (Salainen)</b>	<b>43</b>
<b>6 OEE-LUVUN ANALYYSINTI (Salainen)</b>	<b>44</b>
<b>7 TULOKSET JA POHDINTA (Salainen)</b>	<b>50</b>
<b>7.1 Pullonkaulat (Salainen)</b>	<b>51</b>
<b>7.2 Tuotannon kokonaistehokkuus (Salainen)</b>	<b>52</b>

<b>LÄHTEET</b>	<b>55</b>
<b>LIITTEET</b>	
Seurantalomakkeet 4/4 (Salainen)	
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 6. WOM/WOF-pontteja ja RD-paaluseinää	9
KUVIO 7. E22- ja E21-pontteja	10
KUVIO 8. Ulkopuolisia vahvikepantoja ja kärkiä	11
KUVIO 13. Kuuden suuren hävikin ja OEE:n yhteys	15
KUVIO 14. Kokonaistehokkuus ja OEE	18
<b>TAULUKOT</b>	
TAULUKKO 1. Esimerkki OEE-luvun laskemisesta	20

## 1 JOHDANTO

Rautaruukki Oyj on vuonna 1960 perustettu metalliteollisuuden moniosaaja. Sen toiminta on aikojen saatossa muuttunut koko ajan kansainvälisempään suuntaan ja nykyään toimipisteitä sijaitsee 27 eri maassa - Pohjoismaissa, Euroopassa sekä Kiinassa. Toukokuusta 2011 lähtien Rautaruukki-konserni on jakautunut neljään tytäryhtiöön, joita ovat Constructions Oy, Engineering Oy, Metals Oy sekä Stainless Steel & Aluminium Oy. Tytäryhtiöt toimittavat asiakkailleen metallikomponentteja, järjestelmiä sekä kokonaistoimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle.

Tämä opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n Oulaisten tehtaalle. Sillä on vahva asema ydinmarkkinoilla Pohjoismaissa sekä Euroopassa. Oulaisten tehdas valmistaa Ruukki Metals Oy Raahen terästehtaalta tulevista teräskeloista virtausputkia sekä kierresaumapaaluputkia, jotka varustellaan asiakkaiden tilausten mukaan ponttilukoilla, kärjillä tai vahvikepannoilla Paaluvarustelutehtaalla. Asiakkaiden tilaamat virtausputket päällystetään epoksilla pinnoittamossa.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää Oulaisten Paaluvarustelutehtaan kokonaistehokkuus, työpisteiden pullonkaulat sekä määrittää OEE-luvun laskentaperusteet ko. tehtaalle. OEE-luku tulee toimimaan myöhemmin osana Paaluvarustelutehtaan palkkiopalkkausjärjestelmää.

OEE on lyhenne englanninkielisistä sanoista Overall Equipment Effectiveness, joka suomeksi tarkoittaa tuotannon kokonaistehokkuutta. Suomalainen vastine OEE:lle on KNL, joka muodostuu kokonaistehokkuuden kolmesta osatekijästä: käytettävyys, nopeus ja laatu. Näiden kolmen osatekijän tulona saadaan tunnusluku, joka kuvastaa yksinkertaisesti tuotantolinjan, koneen tai prosessin kokonaistehokkuutta. Saadun tunnusluvun perusteella voidaan OEE:lle asettaa tavoitteita ja seurata tuotantoprosessien tehokkuusarvojen muutoksia.

Opinnäytetyössäni seurasin kahden viikon ajan Paaluvarustelutehtaan työpisteitä. Saamieni tulosten perusteella pyrin määrittelemään jokaiselle työpisteelle mahdolliset pullonkaulat sekä laskentaperusteet OEE-luvun selvittämiseksi. Työhön oli helppo ryhtyä, sillä olin ke-



sän 2011 harjoittelijana Oulaisten tehtaalla ja näin ollen tehdas työntekijöineen oli minulle tuttu entuudestaan.

Työssäni esittelen ensin Paaluvarustelutehtaan ja sen tuotannon, jonka jälkeen kerron yleisesti, mitä OEE tarkoittaa, mitä hyötyä siitä on ja kuinka se lasketaan. Tämän jälkeen tulee osio, jossa kerron Paaluvarustelutehtaan kokonaistehokkuuden määrittämisen lähtötilanteesta, OEE -laskentaperusteiden soveltamisesta Paaluvarustelutehtaaseen ja tekemistäni mittauksista. Tietojen keruun jälkeen määrittelen saamieni tulosten perusteella työpisteiden pullonkaulat ja niiden vaikutukset Paaluvarustelutehtaan kokonaistehokkuuteen, jonka jälkeen analysoin saamiani OEE-lukuja. Lopuksi kerron työni tulokset, omat päätelmäni ja pohdintani niistä sekä työni onnistumisesta.

## **2 PAALUVARUSTELUTEHTAAN ESITTELY JA TUOTANNON KUVAUS**

Seuraavassa on esitelty Paaluvarustelutehdas, sen työpisteet, tuotteet sekä tärkeimmät laitteet.

## 2.1 Työpisteet (Salainen)

### **2.1.1 Pontin silloitus (Salainen)**

### **2.1.2 SAW-asema (Salainen)**

### **2.1.3 Kärjen kiinnitys käsin (Salainen)**

#### **2.1.4 Kärjen kokoonpano robotilla (Salainen)**

## 2.2 Tuotteet

Paaluvareustelutehtaassa valmistetaan varusteltuja paaluputkia, joita käytetään mm. siltojen, satamien ja rakennusten perustuksissa. Putkien halkaisijat vaihtelevat 300 mm:stä 1200 mm:iin asiakkaan tarpeen ja tilauksen mukaan. Yksimittaisena voidaan valmistaa maksimissaan 34 metriä pitkää paaluputkea. Jos asiakas tilaa pidemmän paalun, täytyy se jatkaa hitsaamalla joko tehtaalla tai työmaalla. (Rautaruukki Oyj 2011 a.)

RD-paaluseinässä paaluputket kiinnitetään toisiinsa lukkoprofiileilla (=ponteilla), kuten kuviossa 6 on esitetty. Pontteja on kolme eri mallia: WOM/WOF (KUVIO 6), E21 sekä E22 (KUVIO 7), joka on lähestulkoon samanlainen kuin E21. RD-paaluseiniä voi käyttää pysyvissä tai väliaikaisissa rakenteissa sekä vaakakuormitetuissa ja pystykuormitetuissa rakenteissa. RD-paaluseinän saa myös vesitiiviiksi joko tiivisteaineen avulla, injektoimalla tai hitsaamalla. (Rautaruukki Oyj 2011 a.)



KUVIO 6. WOM/WOF-pontteja ja RD-paaluseiniä (Kuva: Katja Dahl & Ruukin Intranet 2010)





KUVIO 7. E22- ja E21-pontteja (Kuva: Katja Dahl)

Paaluvareustelutehtaassa paaluputkiin asennetaan ponttien lisäksi maa- ja kalliokärkiä (KUVIO 5) sekä sisä- tai ulkopuolisia vahvikepantoja (KUVIO 8). Kärjelliset paaluputket ovat erittäin kantavia ja kestäviä. Niitä kutsutaan RR-suurpaaluiksi. Vaikeisiin ympäristöolosuhteisiin on erilliset RD-porapaalut, jotka nimensä mukaan asennetaan poraamalla iskevänä porauksena joko uppovasarakalustolla tai päältälyöväällä porauskalustolla. RD-porapaalut soveltuvat kaikenlaisiin maa-aineksiin ja se voidaan porata kallion sisään asti. Näin ollen paalun rakenteelliset kantavuudet saadaan hyödynnettyä parhaiten. (Rautaruuki 2011 b.) Kalliokärjet ovat esitelty kuviossa 9.



KUVIO 8. Ulkopuolisia vahvikepantoja ja kärkiä (Kuva: Katja Dahl)



KUVIO 9. Kalliokärjet (Rautaruukki 2011 b)

### **2.3 Koneet ja laitteet (Salainen)**

(Salainen)

### 3 KOKONAISTEHOKKUUS ELI OEE

Seuraavassa on esitelty kokonaistehokkuutta eli OEE:ta tarkemmin. Mitä OEE tarkoittaa? Mitä hyötyä siitä on teollisuuden yrityksille? Kuinka OEE-luku lasketaan yleisesti? Lopuksi on eritelty OEE:n osatekijät: käytettävyys, nopeus ja laatu ja kerrottu mistä tekijöistä ne koostuvat sekä esimerkki OEE-luvun laskemisesta.

#### 3.1 Mitä OEE tarkoittaa?

OEE (**O**verall **E**quipment **E**ffectiveness) on laajalti käytetty tuotannon tehokkuutta mittaava tunnusluku. Se on kehitetty Japanissa 1970-luvulla, mutta maailmanlaajuisesti se on otettu käyttöön 1980-luvulla. OEE-luku muodostuu kolmesta osatekijästä: käytettävyys, nopeus ja laatu, joiden tulona saadaan prosenttiluku, mikä kuvastaa yksinkertaisesti tuotannon kokonaistehokkuutta. OEE-luvun avulla tarkkaillaan pääsääntöisesti arvoa lisäävien koneiden tai prosessien tehokkuutta - ei työntekijöiden tuottavuutta, sillä OEE:n tarkoitus ei ole kritisoida työntekijöitä vaan parantaa koneen tai prosessin toimintaa. Suomessa OEE-luku tunnetaan myös KNL -lukuna, jonka nimi muodostuu osatekijöiden alkukirjaimista: **K**äytettävyys, **N**opeus ja **L**aatu. (Duffy 2011, 46 & Productivity Development Team 1999, 5.)

Teoreettisesti paras mahdollinen OEE-luku on 100 %, mikä tarkoittaa sitä, että suunniteltuna tuotantoaikana tuotantoa syntyy niin paljon kuin on mahdollista ilman katkoja, seisokkeja tai pysäytyksiä. Yleisesti tuotantolaitosten OEE-lukuja verrataan niin sanottuun ”World Class” -tason OEE-lukuun, jonka suuruudeksi on määritelty 85 % tai enemmän. Yli 80 % OEE-luku tarkoittaa, että tuotantolinja toimii tehokkaasti, tauot ovat vuorotettu, huollot ja korjaukset ovat nopeita, kuin myös asetukset, jotka toistuvat vain harvoin. Laajalti tehdyt tutkimukset kuitenkin osoittavat valmistavan teollisuuden OEE-luvun hyvän keskitason olevan vain noin 60 %. Tuloksesta voidaan päätellä, että yritysten tuotannoista löytyy vielä parantamisen varaa. (Novotek Oy 2010 & Villanen 2009.)

OEE on osa tuottavan kunnossapidon (TPM Total Productive Maintenance) parannusohjelmaa, jolla pyritään vähentämään tai pääsemään kokonaan eroon tuotantoa heikentävistä

tekijöistä, joita kutsutaan yleisesti nimellä “Six Big Losses” (kuusi merkittävintä tuotantohävikkiä). Pohjois-Amerikan Industry Week -lehden vuosittain järjestämän Best Plants -kilpailun voittajista ja finalisteista yli 90 % ilmoittivat käyttävänsä kaikenkattavaa TPM -ohjelmaa, jolla he olivat saavuttaneet tuotantonsa tehokkuuden hyvän tason. (Jusko 2009.)

Tuottavan kunnossapidon hävikit ovat jaoteltu OEE:n mukaisesti kolmeen eri kategoriaan: käytettävyyshäviöt, nopeushäviöt ja laatuhäviöt. Kun häviöt ja niiden syyt ovat selvillä, voidaan keskittyä niiden seurantaan ja poistamiseen. Kuviossa 13 on selvennetty kuuden tuotantohävikin yhteyttä tuotannon kokonaistehokkuuteen. (Novotek Oy 2010.)



KUVIO 13. Kuuden suuren hävikin ja OEE:n yhteys (mukaillen Novotek Oy 2010 & Plantrun 2011.)

Käytettävyyshäviöihin lukeutuvat odottamattomat laiteviat sekä asetukset ja säädöt. Odottamattomia laitevikoja ovat esimerkiksi tuotantolaitteen rikkoutuminen, odottamattomat huoltotoimet, työkalujen rikkoutuminen tai muut odottamattomat järjestelmäviat. Asetusten ja säätöjen käytettävyyshäviöesimerkkejä ovat muun muassa tuotevaihdot, materiaali-pula, säätötoimet ja käynnistykset. Jotta käytettävyyteen vaikuttavat häviöt saadaan minimoitua, yllättävien seisokkien määrä, ajankohta ja menetetty aika sekä asetusten ja säätöjen kestot tulee selvittää. (Novotek Oy 2010.)

Nopeushäviöitä aiheuttavat lyhyet pysähdykset ja alentunut käyntinopeus. Lyhyiden pysähdysten syitä voivat olla muun muassa raaka-aineista johtuvat ongelmat sekä ruuhkatilanteet. Alentuneeseen käyntinopeuteen puolestaan vaikuttavat useimmiten prosessihenkilöstön tehottomuus, kulunut laitteisto ja koneen virheelliset säädöt. Nopeushäviöitä aiheuttavien tietojen seuraaminen on hankalaa nopeiden ja usein toistuvien jaksojen vuoksi. Yleensä tietojen keruussa käytetäänkin hyödyksi automatiikkaa. Vertaamalla toteutuneita tuotantoaikoja ihanteellisiin, pystytään määrittämään ne ajanjaksot, jolloin on esiintynyt lyhyitä pysähdyksiä tai alentuneita käyntinopeuksia. Näin ollen pystytään kiinnittämään huomiota nopeushäviöihin ja niiden minimoimiseen. (Novotek Oy 2010.)

Laatuhäviöitä syntyy koneen käynnistysvaiheessa, uuden työmääräimen aloitusvaiheessa tai keskellä työmääräintä. Laatuhäviöiden määrään vaikuttavat käynnistysvaiheen huonolaatuiset tuotteet sekä ajon aikana tuotetut virheelliset, korjausta vaativat tuotteet. Selvittämällä laatuvirheiden perimmäinen syy, voidaan keskittyä laatuhäviöiden minimoimiseen ja poistamiseen. (Novotek Oy 2010 & Plantrun 2011.)

### **3.2 OEE:sta saadut hyödyt**

Päiväläistä mukailien kokonaistehokkuutta mittaamalla saadaan selkeä kuva koneen, prosessin tai tuotantojärjestelmän tehokkuudesta. Tästä syystä OEE -mittaus otetaan käyttöön yleensä tuotannosta löytyvässä pullonkaulassa, josta se ajan kuluessa siirtyy myös muualle tuotantoon jatkuvan parantamisen seurauksena. Pullonkaulan löytymisen ansiosta voidaan piilossa oleva kapasiteetti ja voimavarat suunnata oikein. Parannusten myötä pullonkaulojen vaikutukset pienenevät, tuotantokapasiteetti kasvaa ja lisäinvestointien tarve vähenee. (Eilola 2001, 44; Niinimäki 2008, 17 & Päiväläinen 2005, 59.)

OEE -mittari on hyödyllinen, koska siitä käy ilmi ”kuuden suuren hävikin” avulla syyt, jotka vaikeuttavat asetettujen tavoitearvojen saavuttamista. Kun tuotannon turhat häiriöt saadaan poistettua, saadaan tuotantomäärät kasvuun, jolla puolestaan on vaikutus tehtaan tulokseen positiivisesti. OEE:n myötä myös laatuun kiinnitetään enemmän huomiota, mikä vaikuttaa asiakastytyväisyyteen. Jotta päästään tavoitearvoihin, on tehtävä töitä sekä yksin että yhdessä -tiiminä. Jokainen voi vaikuttaa omalta osaltaan paremman kokonaistehokkuuden saavuttamiseksi. Koska OEE -mittauksista ja tuloksista ei ole mitään hyötyä,

jos tietoa ei jaa työntekijöille, on OEE:lla edistävää vaikutus avoimeen ja ei-syyllistävään informaation jakamiseen tehtaan tai yrityksen sisällä. (Productivity Development Team 1999, 5 & Päiväläinen 2005, 59.)

Kun pyritään parantamaan tuotannon kokonaistehokkuutta OEE:n ja TPM:n avulla, on jokaisen työntekijän osattava huoltaa käyttämänsä laitteet ilman kunnossapitohenkilön apua. Tällä on vaikutus työntekijöiden laajempaan kokonaisvaltaiseen kuvaan laitteiden toiminnasta. Kun työntekijät osaavat huoltaa ja tarpeen vaatiessa korjata käyttämänsä tuotantolaitteen, kunnossapitohenkilöstöä tarvitaan tuotantolinjalla vähemmän ja he voivat keskittää resurssinsa muuhun kunnossapitoon. Näin saadaan karsittua ”ylimääräiset” kunnossapitokulut pienemmiksi. (Päiväläinen 2005, 59.)

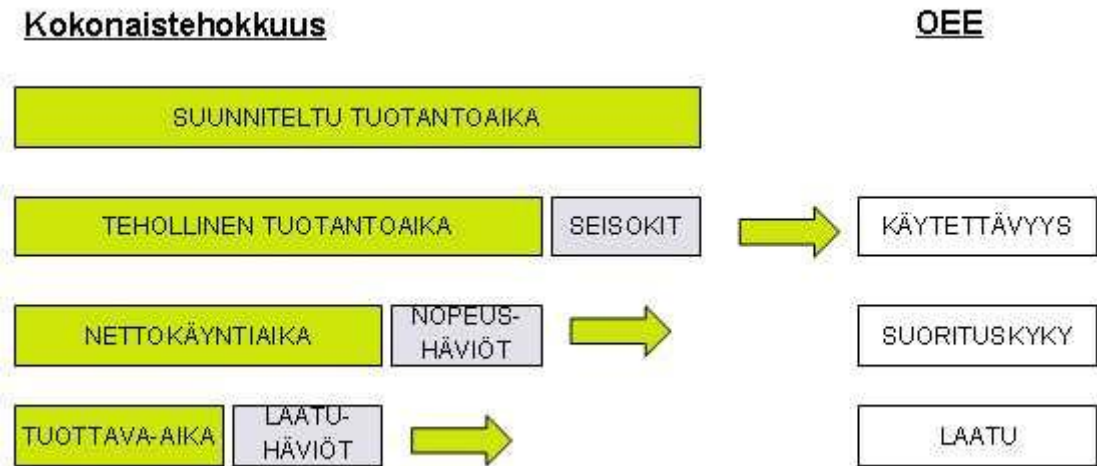
Myös taloudelliselta kannalta OEE on hyödyllinen tehokkuusmittari. Kun tiedetään tehtaan OEE-luku, tuotantomäärä ja aika, jona tuotanto tapahtuu, voidaan laskea ideaalinen tuotantonopeus. Kun ideaalinen tuotantonopeus on saatu selville, voidaan asettaa OEE:lle nykyistä parempi tavoitearvo, jonka saavuttamiseksi käytetään saatua ideaalista tuotantonopeutta. Näin ollen saadaan selville ideaalisella tuotantonopeudella ja paremmalla OEE-luvulla saavutettava budjetoitu aika, joka on pienempi kuin alkuperäinen budjetoitu aika. Näin ollen ”säästetty” aika voidaan käyttää vaikka työntekijöiden kouluttamiseen tai suoraan työvoimakustannusten pienentämiseen. (Niinimäki 2008, 14.)

### **3.3 OEE-luvun laskemisperusteet**

Ennen kuin aletaan laskea kokonaistehokkuutta, on päätettävä, millaisia mittareita käytetään ja kerättävä tarpeelliset tiedot tuotannosta. Yleisesti OEE-luvun laskemista varten tarvitaan tietoa käytettävyydestä, nopeudesta ja laadusta (KNL), mutta koska yksikään tuotantolaitos ei ole täysin identtinen toisen kanssa, ei yhtä tiettyä laskentamenetelmää voida suoraan hyödyntää kaikissa tuotantolaitoksissa, vaan laskentamenetelmiä on sovellettava tapauskohtaisesti kunkin tuotantolaitoksen tuotantoon sopivaksi. OEE:n osatekijöitä voidaan laskea monella eri tavalla ja oikeiden mittarien löytäminen on haastavaa, mutta ilman oikeita mittareita ei kokonaistehokkuutta pystytä luotettavasti määrittelemään eikä niin ikään parantamaan. (Eilola 2001, 45 & Niinimäki 2008, 5.)



Kuviossa 14 on esitelty yksi esimerkki siitä, mitkä muuttujat vaikuttavat kokonaistehokkuuden muodostumiseen. Kuviossa on käytetty nopeuden tilalla suorituskykyä. Nopeuden tilalla voidaan käyttää myös esimerkiksi tehokkuutta.



KUVIO 14. Kokonaistehokkuus ja OEE (Kuitunen 2011 b)

### 3.3.1 Käytettävyys

Käytettävyys kertoo, kuinka paljon käytettävissä olevasta tuotantoajasta käytetään valmistettavien tuotteiden tekoon. Ennen käytettävyyden tarkastelua on selvítettävä suunniteltu tuotantoaika, mikä koostuu yleensä työvuoron pituuden ja taukojen erotuksesta. Suunniteltu tuotantoaika sisältää tehottomat seisokkiajat, jotka saattavat pysäyttää suunnitellun tuotannon pitkäksi aikaa. Seisokkeihin lukeutuvat muun muassa laiteviat, materiaalipula ja vaihtoaika. Kun seisokit vähennetään suunnitellusta tuotantoajasta, saadaan selville tehollinen tuotantoaika eli käyntiaika. Koska esimerkiksi vaihtoaikaa ei pystytä kokonaan poistamaan, on se käytettävyyden parantamiseksi saatava minimoitua mahdollisuuksien mukaan. Vertaamalla tehollista tuotantoaikaa suunniteltuun tuotantoaikaan saadaan selvitettyä käytettävyys. (Kuitunen 2011 b & Vorne Industries 2010.)

$$\begin{aligned} \text{Käytettävyys} &= \text{Tehollinen tuotantoaika} / \text{Suunniteltu tuotantoaika} \\ &= (\text{Suunniteltu tuotantoaika} - \text{Seisokit}) / \text{Suunniteltu tuotantoaika} \end{aligned}$$

### 3.3.2 Nopeus

Nopeustekijä vertaa toteutunutta tuotantonopeutta tavoitteelliseen tuotantonopeuteen. Se ottaa huomioon nopeushäviöt, jotka johtuvat alentuneista tuotantonopeuksista, joiden syitä voivat olla esimerkiksi laitteiden kuluneisuus, huonot raaka-aineet tai koneenkäyttäjän tehottomuus. Nopeuden maksimoinnin seurauksena saattaa laatu alkaa kärsiä. Tällöin on järkevintä tyytyä sellaiseen nopeuteen, jossa molemmat, sekä nopeus että laatu, ovat hyvällä tasolla. (Rajala 2011, 39.)

$\text{Nopeus} = \text{Tuotantomäärä} / \text{Optimaalinen tuotantokyky} * \text{Tehollinen tuotantoaika}$
--

### 3.3.3 Laatu

Laatu on erittäin merkittävä tekijä yritysten kilpaillessa markkinoilla asiakkaista. Japanilasten kerralla oikein -ajattelua kannattaa suosia, sillä ”Laatua ei saa jälkitarkastuksella” ja huonosta laadusta, eli hylkyyn menevistä tuotteista sekä korjattavista, uudelleen työstettävistä tuotteista, aiheutuu yritykselle lisäkustannuksia. Laaturvirheet saattavat myös pahimmassa tapauksessa vahingoittaa yrityksen imagoa, jos vialliset tuotteet pääsevät asiakkaalle saakka. (Kauko 2008 & Productivity Development Team 1999, 48.)

Laatutekijä ilmoittaa hylättyjen tai korjausta vaatineiden tuotteiden suhteen kaikkiin valmistuneisiin tuotteisiin tai priimatuotteiden valmistusajan suhteen teholliseen tuotantoaikaan, kuten alla olevissa laadun laskukaavoissa on esitetty. Virheellisten tuotteiden korjaukseen kuluva aika on pois johonkin toiseen työhön tarkoitettusta kapasiteetista.

$\text{Laatu} = (\text{Tuotantomäärä} - \text{Virheelliset tuotteet}) / \text{Tuotantomäärä}$
---

$\text{Laatu} = (\text{Tehollinen tuotantoaika} - \text{Virheellisiin kulunut aika}) / \text{Teh.tuotantoaika}$
---

### 3.3.4 OEE:n laskuesimerkki

Seuraavaksi on esitelty keksitty laskuesimerkki sarjatuotantoa valmistavalle tehtaalle, selvittämään kokonaistehokkuuden laskemista.

TAULUKKO 1. Esimerkki OEE-luvun laskemisesta (mukaiillen Niinimäen 2008 ja Vorne Industries 2010:n esimerkkejä.)

<b>Vuoron pituus</b>	8h	<b>480 min</b>
<b>Suunnitellut seisokit</b>		<b>60 min</b>
Kahvitauko	2 * 15 min	30 min
Lounastauko	1*30 min	30 min
<b>Ei-suunnitellut seisokit</b>		<b>50 min</b>
Laiterikko	1*20	20 min
Tuotteen vaihto	2*15	30 min
<b>Optimaalinen tuotantokyky</b>		<b>20 kpl/min</b>
<b>Tuotantomäärä</b>		<b>6 000 kpl</b>
<b>Virheelliset tuotteet</b>		<b>200 kpl</b>

**Käytettävyys** = Tehollinen tuotantoaika / Suunniteltu tuotantoaika

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Suunniteltu tuotantoaika} - \text{Seisokit}) / \text{Suunniteltu tuotantoaika} \\
 &= (\text{Vuoron pituus} - \text{Seisokit}) / \text{Vuoron pituus} \\
 &= (480 \text{ min} - (60 + 50) \text{ min}) / 480 \text{ min} \\
 &= 370 / 480 = 0.7708 \\
 &\approx \mathbf{77 \%}
 \end{aligned}$$

**Nopeus** = Tuotantomäärä / Optimaalinen tuotantokyky \* Tehollinen tuotantoaika

$$\begin{aligned}
 &= 6000 \text{ kpl} / 20 \text{ kpl/min} * 370 \text{ min} \\
 &= 6000 / 7400 = 0.810810 \\
 &\approx \mathbf{81 \%}
 \end{aligned}$$

**Laatu** = (Tuotantomäärä - Hylätyt tuotteet) / Tuotantomäärä

$$\begin{aligned}
 &= (6000 - 200) \text{ kpl} / 6000 \text{ kpl} \\
 &= 5800 / 6000 = 0.96666 \\
 &\approx \mathbf{97 \%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{OEE} &= \text{Käytettävyys} * \text{Nopeus} * \text{Laatu} \\ &= 0.77 * 0.81 * 0.97 \\ &= 0.6014 \\ &\approx 60 \%\end{aligned}$$

Taulukon 1 esimerkin mukaan, vaikka käytettävyys, nopeus ja laatu ovat yksittäin hyvää tasoa, ei 60 %:n OEE-luku kuulosta enää niin tehokkaalta. Lähdetessä parantamaan tuotannon kokonaistehokkuutta on hyvä muistaa, että OEE:n osatekijät ovat kokonaisuus yhdessä. Jos kiinnitetään huomiota vain yhden osatekijän huippuun saamiseen, saattaa toinen osatekijä kärsiä. Tämän huomion on tehnyt myös Ala-Sankila Formica Iki Oy:lle tekemässä opinnäytetyössään. (Ala-Sankila 2009.)

Tässä esimerkissä parannettavaa olisi erityisesti käytettävyystekijässä. Puolittamalla ei-suunniteltujen seisokkien kestot saadaan käytettävyydeksi 82 %, mikä nostaisi kokonaistehokkuuden arvon 64 %:iin. Tavoitteita asetettaessa on kuitenkin hyvä muistaa, ettei yritä saavuttaa liian hyvää arvoa kerralla. On järkevämpää tavoitella mahdollisia jo kerran saavutettuja hyviä tuloksia, kuin asettaa tavoitteet niin korkealle, että niihin pyrkiessä innostus ja mielenkiinto hiipuvat kokonaan. (Päiväläinen, 2005.)

#### **4 PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITTÄMINEN (SALAINEN)**

#### **4.1 Lähtötilanne (Salainen)**

## **4.2 OEE-laskentaperusteiden soveltaminen Paaluväestötehtäseen (Salainen)**

#### **4.2.1 Käytettävyys (Salainen)**



#### **4.2.2 Suorituskyky (Salainen)**

### **4.2.3 Laatu (Salainen)**

### **4.3 Tuotannon seuranta (Salainen)**

#### **4.4 OEE -tietojen keruu (Salainen)**

## **4.5 Mittaamisen ongelmat (Salainen)**

**5 PAALUVARUSTELUTEHTAAN KOKONAISTEHOKKUUTTA HAITTAAVI-  
EN PULLONKAULOJEN ANALYYSINTI (SALAINEN)**

## **5.1 Pontin silloitus (Salainen)**

(Salainen)



(Salainen)

(Salainen)

## 5.2 SAW-asema (Salainen)

(Salainen)

(Salainen)

(Salainen)

### **5.3 Kärjen kiinnitys käsin (Salainen)**

(Salainen)



(Salainen)

#### **5.4 Kärjen kokoonpano robotilla (Salainen)**

## **6 OEE-LUVUN ANALYSOINTI (SALAINEN)**

(Salainen)

(Salainen)

(Salainen)

(Salainen)

(Salainen)



## **7 TULOKSET JA POHDINTA (SALAINEN)**

## **7.1 Pullonkaulat (Salainen)**

## **7.2 Tuotannon kokonaistehokkuus (Salainen)**

(Salainen)

(Salainen)

## LÄHTEET

Ala-Sankila, J. 2009. Tuotannon kokonaistehokkuusmittarin eli OEE:n kehitys Formica Iki Oy:ssä. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.

Duffy, K. 2011. Optimizing anufacturing using the Overall Equipment Effectiveness metric. Neutraceutical Business & Technology, Jul/Aug 2011, 46-48. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.highbeam.com/doc/1P3-2406474901.html>. Luettu 10.11.2011.

Edu.fi. 2011. Koneautomaation kunnossapito. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/kokonaistehokkuus/03.html>. Luettu 10.12.2011.

Eilola, J. 2001. Jatkuvavalukoneiden kokonaistehokkuuden mittaaminen. Diplomityö. Oulun yliopisto. Konetekniikan osasto.

Jusko, J. 2009. OEE: The Heart of the Matter. Industry Week. February. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.industryweek.com/articles/oee\\_the\\_heart\\_of\\_the\\_matter\\_18211.aspx?ShowAll=1](http://www.industryweek.com/articles/oee_the_heart_of_the_matter_18211.aspx?ShowAll=1). Luettu 22.12.2011.

Kauko, J. 2008. Onko yrityksen laadun kehittäminen vain ajan hukkaa? Kaukoviisas Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.luako.fi/Liitetiedostot/Jukka%20Kauko%20231008\\_Tammisaari.pdf](http://www.luako.fi/Liitetiedostot/Jukka%20Kauko%20231008_Tammisaari.pdf). Luettu 11.11.2011.

Kuitunen, M. a. 2011. Kehityspäällikön mentorointi OEE-laskennasta. 12.2011. Tulostettu 23.12.2011.

Kuitunen, M. b. 2011. OEE Tuotannon kokonaistehokkuus. PowerPoint-dokumentti. Ruukki Metals Oy. Hämeenlinna.

Maununiemi, A. 2007. Tuotantolaitteiden kokonaistehokkuuden määrittäminen. Diplomityö. Oulun yliopisto. Konetekniikan osasto.

Niinimäki, J. 2008. Tuotantoprosessien tehokkuuden parantaminen OEE-raportoinnin avulla. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma.

Novotek Finland Oy. 2011. Opi lisää OEE:sta/KNL:stä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/downloads/OEEbrochure.fi.pdf>. Luettu 27.10.2011.

Nykänen, T. 2011. Juurituellisen jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotto painelaitetuotantoon. Opinnäytetyö. Savonia-Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.

Plantrun. 2011. OEE, Machine Downtime & Manufacturing Information Systems. Www-sivut. Saatavissa: <http://plantrun.co.uk/index.php/OEE-Overall-Equipment-Effectiveness.html>. Luettu 15.12.2011

Productivity Development Team. 1999. OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness.

Päiväläinen, S-R. 2005. Kylmävalssaamon kokonaistehokkuus. Diplomityö. Oulun yliopisto. Konetekniikan osasto.

Rajala, J. 2011. Laadunvalvonta osana konepajaprosessin kokonaistehokkuuden mittauksia. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka.

Rautaruukki Oyj. a. 2011. RD-paaluseinä.

Rautaruukki Oyj. b. 2011. Tulevaisuus rakennetaan kestävien pohjarakenteiden varaan.

Ritola, O. 2006. Tuotannon tehokkuuden jatkuva mittaaminen ja prosessien analysointi. Qualitas Fennica Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ims.fi/sites/default/files/Tuotannon\\_tehokkuuden\\_jatkuva\\_mittaaminen\\_ja\\_prosessien\\_analysointi.pdf](http://www.ims.fi/sites/default/files/Tuotannon_tehokkuuden_jatkuva_mittaaminen_ja_prosessien_analysointi.pdf). Luettu 10.11.2011.

Ruukin Intranet-sivut. 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://intra.rrsteel.net/it/SiteDirectory/IT/rps/projects/ruukicom/Product%20Library/Rd%20wall.jpg>. Luettu 22.12.2011.

Teknologiategollisuus Ry:n ja Metallityöväen liitto Ry:n välinen Työehtosopimus. 2011. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.metalliliitto.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=264dc0db-b5cd-4b0b-9b40-fa7f8e8f04e0&groupId=10137](http://www.metalliliitto.fi/c/document_library/get_file?uuid=264dc0db-b5cd-4b0b-9b40-fa7f8e8f04e0&groupId=10137). Luettu 3.1.2012.

Villanen, H. 2009. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency). Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.hannuvillanen.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.hannuvillanen.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf). Luettu 10.11.2011.

Vorne Industries. 2010. OEE Factors. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.oee.com/tools/fast-guide-to-oe.pdf>. Luettu 25.11.2011.

Väisänen, T. 2011. IT-tuen henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu. 20.12.2011. Ruukki Metals Oy. Oulainen.

(Salainen)



(Salainen)

(Salainen)

(Salainen)