



KOBİ'lerde ekipman etkinliğinin iyileştirilmesinde TEE tabanlı yeni bir yaklaşım: bir ahşap işleme kuruluşunda uygulama

Mehmet Fatih Yaşın¹, Gülesin Sena Daş^{2*}

¹Çukurova Üniversitesi, İşletme Bölümü, Balcalı, Sarıçam, 01330, Adana, Türkiye

²Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yahşıhan, Kırıkkale, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Toplam ekipman etkinliği tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir
- Hatta iyileştirilecek ekipman bu yöntemle seçilerek önerilen yöntem uygulanmıştır
- Uygulanan yöntem hattın etkinliğini olumlu etkilemiştir

Makale Bilgileri

Geliş: 12.10.2015

Kabul: 10.11.2016

DOI:

10.17341/gummdf.96710

Anahtar Kelimeler:

Toplam verimli bakım,
toplam ekipman etkinliği,
küçük ve orta büyüklükteki
işletme

ÖZET

Bu çalışmada, Küçük ve Orta Ölçekli bir işletmede (KOBİ) ekipman etkinliğini arttırmak için Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) kavramına dayanan yeni bir yöntem sunulmuştur. Bilindiği üzere TEE'nin amacı, sistemdeki ekipman kayıplarını ortaya çıkararak ekipmanın üretkenliğinin artırılmasına olanak sağlamaktır. Ancak, KOBİ'lerin bu araçtan faydalanmalarının önünde çeşitli güçlükler mevcuttur. Bunların başında KOBİ'lerin bu tür iyileştirme çalışmalarına zaman ve para ayırmada yaşadıkları güçlükler gelmektedir. Bu çalışmalar esnasında yaşanan bir diğer güçlük ise TEE uygulamasının faaliyet gösterilen endüstriye ve üretim ortamına göre değişiklik göstermesidir. Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen güçlükler göz önünde bulundurularak TEE tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem, (kısıtlı kaynakları olan) KOBİ'lerde yürütülen iyileştirme çalışmalarında "Hangi ekipmana ne kadar iyileştirme yapılmalıdır?" sorusuna cevap vermeye çalışmaktadır. Bir ahşap işleme kuruluşunda uygulanan yöntemin, seçilen makinenin TEE değeri %64,7'den %72,4'e çıkardığı ve bunun seçilen hattın etkinliğini de olumlu etkilediği gözlenmiştir.

A new approach based on OEE to improve equipment effectiveness in SMEs: an application in a wood processing facility

H I G H L I G H T S

- A new approach based on total equipment effectiveness is proposed
- The equipment in the line that will be improved is selected with this method
- Applied method affected the effectiveness of the line positively

Article Info

Received: 12.10.2015

Accepted: 10.11.2016

DOI:

10.17341/gummdf.96710

Keywords:

Total productive
maintenance,
total equipment
effectiveness,
small and medium sized
enterprise

ABSTRACT

In this study, a new method based on Overall Equipment Effectiveness (OEE) is presented to improve equipment effectiveness of a Small and Medium Sized Enterprise (SME). As known, the aim of OEE is to enable an increase in the productivity of equipment by revealing the equipment losses in the system. However, there are various difficulties that SMEs face when utilizing this tool. One of these difficulties faced by SMEs is to allocate time and money to these improvement studies. Another difficulty that arises during these studies is that application of OEE differs by the industry and production environment. In this study, a new method based on OEE is proposed by considering the above-mentioned difficulties. The proposed method is trying to find an answer to the question of "Which equipment should be improved to what extend?" during the improvement studies of SMEs (having limited resources). By applying of the method to a wood processing facility, an increase of the OEE value of the selected machine from %64.7 to %72.4 is observed and this in turn positively affected the effectiveness of the selected production line.

* Sorumlu Yazar/Corresponding author: senaemre@yahoo.com/ Tel: +90 318 357 4242

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde şirketler rekabetçi olabilmek ya da rekabetlerini sürdürebilmek için üretim süreçlerinin üretkenliğini arttırmaya çalışmaktadırlar. Beklenmedik zamanlarda oluşan beklenmedik arızalar üretimde duruşların meydana gelmesine, üretim planlarının aksamasına ve dolayısıyla işletmelerin gelir kaybına uğramalarına neden olmaktadır [1]. Bu anlamda uygun bakım politikaları zamansız makine yenileme maliyetini önlerken, üretimin sürekliliği sağlar [2]. 1970'lerde ortaya atılan Toplam Verimli Bakım (TVB) da bu amaçla kullanılan yöntemlerden biridir. TVB, herhangi bir endüstride Toplam Ekipman Etkinliğini (TEE) maksimize etme ve üretimi artırmak amaçlarıyla bir bakım sistemini uygulamak için sistematik bir yaklaşımdır [3]. Shen [4] TVB'nin, maksimum ekipman etkinliğine ulaşmayı hedeflediğini belirtmektedir. Bu amaçla makineyi işleten personel günlük rutin bakımlarla ilgilenirken, işletmenin bakım bölümü makinanın özelleştirilmiş bakımını ve iyileştirme faaliyetlerini yürütür. TVB, sadece makinaların bakımı değil, tüm çalışanların takım faaliyetleri vasıtası ile yerine getirdikleri verimli bakımdır [5]. Tüm bu bakım faaliyetlerinin amacı ise makinanın kullanılabilirliğini artırmak, maliyetleri azaltmak ve işletmenin karlılığını artırmaktır [6]. TVB çalışmaları kapsamında ulaşılabilir ve ölçülebilir hedeflerin belirlenmesi önemlidir. Örneğin, üretim maliyetlerinin %30 azaltılması veya %95 toplam ekipman etkinliğine ulaşmak [6]. Ekipmanın etkinliğini arttırmak için ise öncelikle sistemdeki ekipman kayıplarının açığa çıkarılması gerekmektedir. Bu kayıpları ortaya çıkarmak için kullanılan bir ölçüm aracı ise TEE'dir. TEE, TVB'nin bir parçası olmasına rağmen, bakım paradigması dışında da geniş ölçüde kullanılmaktadır [7]. Bu kapsamda TEE ekipman düzeyinde performans ölçümüne olanak sağlayan güçlü bir araçtır. TEE, "sıfır kaybı" hedefleyen odaklanmış iyileştirmenin de (focused improvement) kilit ölçütüdür [3].

Dal vd. [8] TEE'nin en çok-kapasite kullanımının yüksek öncelik olduğu ve bekleme süreleri duruşların kayıp kapasite açısından pahalı olduğu- yüksek hacimli ve proses tabanlı üretim ortamlarına uygun olduğunu dile getirmiştir. Bu anlamda TEE, kapasite kullanımının önemli olduğu Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) için uygun bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat KOBİ'ler bu ölçüm aracından faydalanırken bazı güçlüklerle karşılaşmaktadırlar. Bunların arasında KOBİ'lerin karşılaştığı ilk güçlük TEE türü araçların kullanıldığı iyileştirme çalışmalarına zaman ve para tahsis edebilmektir. Prasanth vd. [6] de, TVM çalışmalarının önündeki en büyük engellerin para, zaman, işgücü, kaynak ve tüm paydaşların katılımı olduğunu vurgulamıştır. Bu süreçte yaşanan bir diğer güçlük ise TEE uygulamasının faaliyet gösterilen endüstriye ve üretim ortamına göre değişiklik göstermesidir. Bu nedenle bu çalışmada TEE'nin KOBİ'lere nasıl uyarlanabileceği bir ahşap işleme atölyesinde karşılaşılan güçlüklerden yola çıkılarak yeni bir

yöntem vasıtasıyla tartışılmıştır. İyileştirme çalışmaları esnasında TEE'nin uygulanmasında karşılaşılan en büyük problemlerden biri ölçülen TEE değerlerine göre "Hangi ekipmana ne kadar iyileştirme yapılmalıdır?" sorusunun net bir cevabı bulunmamasıdır. Literatürdeki mevcut çalışmalar, en yüksek kaybı ortaya koyan ekipmanın diğer bir deyişle en düşük TEE değerine sahip ekipmanın potansiyel iyileştirme için seçilmesi gerektiğini ileri sürmektedir. Ancak seçilen bu ekipmana (kritik ekipman) yapılan iyileştirmeler çoğu zaman-gereksiz kaynak israfına yol açtığı için-üretim hattının üretkenliğini beklendiği kadar arttırmaz. Böylece kısa vadede KOBİ'ler bakım için ayırdıkları kaynakların karşılığı olarak üretkenlikte beklenen artışı sağlayamazlar. Bu çalışmada, KOBİ'lerde kısıtlı kaynaklarla yürütülen iyileştirme çalışmalarında TEE ölçümlerine göre "hangi ekipmana ne kadar iyileştirme yapılmalıdır?" sorusuna cevap vermeye çalışılmaktadır. Bu amaçla, "Hedef Belirlemeyle Kritik Ekipman Seçimi" adında yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin sadece kritik ekipmanın/makinanın değil aynı zamanda hattın toplam üretkenliğinin de olumlu etkilendiği gözlenmiştir.

Önerilen yöntem Bölüm 4'de sunulmuştur. Bunun öncesinde, Bölüm 2'de TEE'nin temellerinden ve ilgili literatürden bahsedilmiş, Bölüm 3'te ise uygulamanın yürütüldüğü ahşap işleme atölyesi tanıtılmıştır. Sonuçlar ise Bölüm 5'te tartışılmıştır.

2. TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

TEE, ekipmanın ideal çalışma şartlarından sapmasına neden olan tüm kayıpları sistematik ve rasyonel biçimde açığa çıkaran bir etkinlik ölçme ve analiz tekniğidir. Diğer bir deyişle, TEE ekipmanın çeşitli üretim kayıplarını ölçerek potansiyel iyileştirme alanlarını işaret eden bir tekniktir [9]. Toplam Verimli Bakım (TVB) kapsamındaki TEE vasıtasıyla altı büyük kayıp ile mücadele edilerek, bir tesisteki etkinlik arttırılmaya çalışılır. Bu altı büyük kayıp aşağıda listelenmiştir [10];

- Zaman kayıpları;
- Arızadan kaynaklanan ekipman gecikmeleri
- Ayar ve kalibrasyon zamanı kayıpları
- Hız kayıpları;
- Boşta çalışma ve küçük duruşlar
- Hız düşmesi
- Fire kayıpları
- İşlem firesi
- Yeniden üretim

Bu altı büyük kayıp ile gerçekleşen etkinlik arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir. TEE genellikle işletmelerin performansını kalite, üretkenlik ve ekipman kullanılabilirliği konularına odaklanarak iyileştirmek için önemli bir etmendir [12]. İşletmelerin TEE kullanımındaki amaç üretim sürecindeki değer sağlamayan işlemlerin yok

edilerek üretkenliğin artırılmasıdır. TEE değeri temelde makinenin, üretim hattının ya da fabrikanın kullanılabilirlik, performans oranı ve kalite oranlarının fonksiyonu olduğu bu altı büyük kayıp açısından ölçülür. Bu oranların her birisi TEE uygulamasının odağıdır [8].



Şekil 1. Altı Büyük Kayıp ve TEE arasındaki ilişki [11]
(Relation between Six Big Losses and OEE)

Nakajima [10] TEE'nin kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarının birbirleriyle çarpılarak hesaplanabildiğini Eş. 1'de olduğu gibi göstermiştir.

$$TEE = \text{Kullanılabilirlik (A)} \times \text{Performans (P)} \times \text{Kalite (Q)} \quad (1)$$

Basit bir TEE hesaplama örneği ise Tablo 1'de gösterilmiştir. TEE'yi hesaplamak için öncelikle kullanılabilirlik, performans ve kalite oranları hesaplanır. Kullanılabilirlik oranı %86,3, performans oranı %76,5 ve kalite oranı %93 olan bir ekipman için %67,5'lik bir TEE değeri elde edilmektedir. Wang ve Lee [13] TEE değeri %85 ya da fazlası olan bir ekipmanın Dünya Klasında (etkinliğe sahip olduğu) değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Örnekteki ekipmanın TEE değeri Dünya Klası (World Class) olan %85 seviyesiyle karşılaştırıldığında

epey aşağıda olduğundan bu ekipmanın iyileştirme çalışmalarına aday olduğu söylenebilir. Yapılan literatür taraması TEE'nin farklı sektörlerde uygulandığını göstermiştir. Raja ve Kannan [12] ile Temiz vd. [14] döküm endüstrisinde, Almeanzel [15] bir çelik üretim işletmesinde, Tsarouhas [16] ise bir içecek üreticisinde, Jain vd. [17] sulama borusu üreten bir işletmede ve Görener [18] ise bir aspiratör üreticisinde uygulama yapmıştır. Dal vd. [8] ise hava yastığı (airbag) tedarikçisi bir şirkette TEE'yi uygulamıştır. TEE literatürde farklı sektörler için uygulandığı gibi farklı şekillerde de uygulanmıştır. Geniş [19] TEE'yi bir üretim şirketinde uygulamış ve en düşük TEE değerine sahip ekipmanı iyileştirme çalışmalarına aday olarak seçmiştir. Bir diğer çalışmada ise Robinson ve Ginder [20] iyileştirilecek ekipmanı, ekipmanın içinde bulunduğu üretim hattındaki önemli ve iyileştirilmesini zorluk derecesini dikkate alarak seçmiştir. Pomorski [21] ise her bir ekipmanın hedef TEE değerinin, o ekipman kullanılarak üretilen ürünün ait pazar talebinin dikkate alınarak belirlenmesi gerektiğine işaret etmiştir. Fuss & O'Neill Manufacturing Solutions [22] ise işletmelerde TEE uygulamasında Best-Of-Best modeli adındaki bir yöntem önermiştir. Bu modelde hedef TEE değeri, ekipmanın geçmiş TEE değerleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Bu hedef değer, son dört haftanın TEE değerleri arasında en iyi kullanılabilirlik, en iyi performans ve en iyi kalite oranı seçilerek hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ise uygulamanın yapıldığı KOBİ'nin ihtiyaçları göz önüne alınarak benzer durumdaki işletmelerinde kullanabileceği yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen bu yöntem iyileştirmeye ayıracakları kaynakları kısıtlı olan KOBİ'lerin TEE'yi uygulamalarını önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Önerilen yöntem sonraki bölümde kapsamlı bir şekilde tanıtılmıştır.

3. KOBİ'LERDE EKİPMAN ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI: BİR AHŞAP İŞLEME TESİSİNDE UYGULAMA (IMPROVING EQUIPMENT EFFICIENCY IN SMES: AN APPLICATION IN A WOOD PROCESSING FACILITY)

KOBİ'ler çoğunlukla hem müşteri talebine bağımlı sipariş dayalı üretim gerçekleştirirler hem de üretim hatlarında çok çeşitli ürünler üretirler. Bu çeşitlilik çoğu zaman KOBİ'lere

Tablo 1. TEE hesaplama örneği [10] (An example for calculating OEE)

Toplam planlanan zaman (a)	720 dakika
Molalar (b)	60 dakika
Net çalışma süresi (c)	660 dakika (c=a-b)
Duruşlar (Kalıp değişim vs.) (d)	90 dakika
İşlem süresi (e)	570 dakika (e=c-d)
KULLANILABİLİRLİK [A]	[A] = (e/c) = 570 / 660 * 100 = %86,3
İdeal işlem süresi (f)	0,33 parça/dakika
İşlem süresi (e)	570 dakika
Üretilen parça sayısı (g)	1440
PERFORMANS [P]	[P] = (g / [e * f]) = 1440 / (570x0,33) = %76,5
Üretilen Parça sayısı (g)	1440
Ret edilen parça sayısı (h)	90
KALİTE [Q]	[Q] = (g-h/g) = (1440-90) / 1440 = %93,8
TEE	[A]x[P]x[Q]=%86,3 x %76,5 x %93,8=%67,5

TEE'nin uygulanmasında zorluklara yol açar. Eevli ve diğerleri [23] çalışmalarında KOBİ'lerin seri üretim yapmamalarından dolayı TEE uygulamasında zorluklarla karşılaştığını ifade etmişlerdir. Siparişe dayalı üretimin, üretim sisteminin tasarımı ve yönetimini karmaşıklaştıran bazı özellikleri (düşük makine ve işçilik kullanımı ile diğer performans düşüşleri gibi) olduğu bilinmektedir [24]. Bunlara ek olarak KOBİ'lerin yaşadığı başka bir zorluk ise işletmelerin TVB çalışmalarına yeterli zaman ve para ayıramamasıdır. Bu nedenle TVB çalışmalarının kısıtlı kaynaklarla yürütülmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Çalışmanın yürütüldüğü KOBİ, İstanbul-Türkiye'de bulunan bir ahşap işleme tesisidir. Bu şirket çoğunlukla siparişe dayalı ahşap kapı üretimi yapmaktadır. İşletme standart ürünlerle bazı özel/nitelikli ürünleri bir arada üretmektedir. Bu durum üretim hattını daha da karmaşıklaştırmaktadır. Bir ahşap kapı; kanat, kasa ve pervaz denilen üç temel parçanın bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Her parça ayrı bir üretim hattına sahiptir. Bu çalışmada kapının "kanat" adı verilen parçasına ait üretim hattı incelenmiştir. Bu hat; Sıcak Pres, Kanat Ebatlama, Kenar Bantlama ve Kilit açma makineleri olmak üzere dört farklı makineden oluşmaktadır. Bir kapı kanadının üretimi kapı yüzeyinin ebatlanması ile başlar. Bu işlemi takiben kapı kanadı Sıcak Pres makinesinde preslenir. Sonrasında kanat son ebadına Kanat Ebatlama makinesi ile getirilir. Kenar Bantlama makinesinde yan kenarları bantlanan kapının Kilit Açma makinesinde kilit yuvaları oyularak hazırlanır. Zımparalama ve temizleme işlemlerinden sonra ise kapı kanadı boyanarak işlem tamamlanır.

4. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULANMASI (APPLICATION OF THE PROPOSED METHOD)

4.1. Hedef Belirlemeyle Kritik Ekipman Seçimi (Critical Equipment Selection by TArget Determination)

KOBİ'nin kısıtlı kaynakları dolayısıyla hattaki her bir ekipmanın etkinliğini aynı anda iyileştirmek mümkün değildir. Çalışmanın yapıldığı KOBİ'nin önceliği ise siparişlerin beklenilenden daha kısa bir sürede teslim edilmesini sağlayacak iyileştirmenin yapılmasıdır. Bu ekipmanı seçmek için ise yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Önerilen yöntemde, her bir ekipmanın gerçekleşen TEE değerinden ham veri olarak faydalanılır. Bununla birlikte ekipmanın kapasitesi ile planlanan iş yükleri de dikkate alınarak her ekipman için bir Hedef TEE değeri belirlenir. En düşük TEE oranına sahip ekipmanı kritik olarak tayin eden klasik yaklaşımın aksine, üretim hattında Hedef TEE değerinden en çok sapan ekipman kritik ekipman olarak tayin edilir.

Üretim hattındaki her bir ekipmanın Hedef TEE değerini hesaplamak için Basit TEE tanımı kullanılmıştır. Basit TEE; belirli bir dönemde ekipmanın gerçekleşen çıktısının teorik çıktıya oranı olarak hesaplanır [25]. Basit TEE hesabı Eş. 2'de gösterildiği şekilde yapılır.

$$TEE_b = \text{Gerçekleşen Çıktı} \div \text{Teorik Çıktı} \quad (2)$$

Önerilen yöntemin aşamaları aşağıdaki gibidir;

1. Çalışma kapsamında üretilecek siparişler analiz edilecek ekipmanlara göre belirlenir. Yani dikkat edilmesi gereken nokta *seçilecek mevcut siparişlerin, analiz edilecek her bir ekipmanda/makinada ayrı ayrı işlem görüyor* olmasıdır. Dolayısıyla seçilen bu dört ekipmanın her birine üretim süreci gereği uğramayan bir sipariş hesaplamaya katılmaz. Burada amaç, benzer iş yüklerine sahip makinalardan hangisinin en yavaş çalıştığının gözlenmesidir. Bu kapsamda ekipmana düşen iş yükleri üretim planlama bölümünden elde edilir.

2. Her ekipmanın bir vardiyadaki üretim kapasitesi belirlenir. Eğer ekipmanda birden fazla türde işlem gerçekleşiyorsa her biri ayrı ayrı belirtilir. Örneğin bir makina hem kanat hem de kasa işleyebiliyorsa iki ayrı işlem gerçekleştirebiliyor demektir. Dolayısıyla ikisi için de Eş. 3'teki hesaplama üretim birimi için yapılır (adet, metre, litre vb.).

$$\text{Vardiya Kapasitesi } (V_k) = \text{Vardiya Net Üretim Süresi} \div \text{İşlem Birim Süresi} \quad (3)$$

Burada dikkat edilmesi gereken husus, ekipman vardiya kapasitelerinin %100'lük TEE skoruna sahip olması durumunda gerçekleşen yani kusursuz-teorik kapasite olduğudur.

3. Her bir ekipmana yüklenen iş yüklerinin tamamlanması için gerekli olan vardiya sayısı Eş. 4'deki gibi hesaplanır;

$$\text{Vardiya Sayısı } (V_t) = \text{İş Yüğü } (I) \div \text{Vardiya Kapasitesi } (V_k). \quad (4)$$

4. Vardiya sayıları hesaplandıktan sonra en fazla çalışması gereken ekipman darboğaz ekipman olarak seçilir. Bu ekipmana Dünya Klası olarak bilinen %85'lik bir Hedef TEE (TEE_h) değeri tayin edilir. Bu değer Nakajima [4] tarafından dünya klasında üretim yapan firmalar için tayin edilmiş referans bir TEE değeridir.

5. Daha sonra bu darboğaz ekipmanın %85'lik Hedef TEE'yi (TEE_h) gerçekleştirebileceği Hedef Vardiya sayısı (V_h) belirlenir. Bu noktada Basit TEE eşitliğinden faydalanılır. Vardiya Sayısı (V_t), ekipmanın TEE değerinin %100 olacağı varsayılarak belirlendiğine göre TEE_b değeri 100 olarak alınır ve Vardiya Hedefi Eş. 5'e bağlı olarak Eş. 6 şeklinde hesaplanır.

$$V_h \times TEE_h = V_t \times TEE_b \quad (5)$$

$$V_h = V_t \times 100 / 85 \quad (6)$$

6. Darboğaz ekipman için hesaplanan Hedef Vardiya Sayısı (V_h) geriye kalan her bir ekipman için de aynen kabul edilir. Böylelikle siparişi işleyen her bir ekipmanın belirlenen bu sabit hedef süresi sonuna kadar üretimlerini tamamlamaları beklenir.

7. Bu noktada her bir ekipman için Hedef TEE değeri (TEE_h) Eş. 5'ten yararlanılarak Eş. 7'de hesaplanmıştır;

$$TEE_h = V_t \times 100 / V_h \quad (7)$$

8. En sonunda her bir ekipmanın iş yüklerini tamamlayacak kadar üretim yapmaları beklenir. Her ekipmanın işini kaç vardiyada bitirdiği (V_g) ve TEE değerleri tespit edilir.

9. Ekipmanın hedefinden ne oranda saptığını hesaplamak için ise Vardiya sayıları ve TEE parametrelerinin Hedef ve Gerçekleşen değerleri karşılaştırılır. Hedef değerinden en fazla sapma gerçekleştiren ekipman "Kritik Ekipman" olarak seçilir (hattın en yavaş ekipmanı olmasından dolayı). Her ekipman için hedef değerden sapma oranı Eş. 8'deki gibi miktarda da Eş. 9'daki gibi hesaplanır;

$$TEE_\sigma = 1 - TEE / TEE_h \quad (8)$$

$$V_\sigma = V_g - V_h \quad (9)$$

4.2. Önerilen Yöntemin Kapı Kanadı Üretiminde Uygulanması

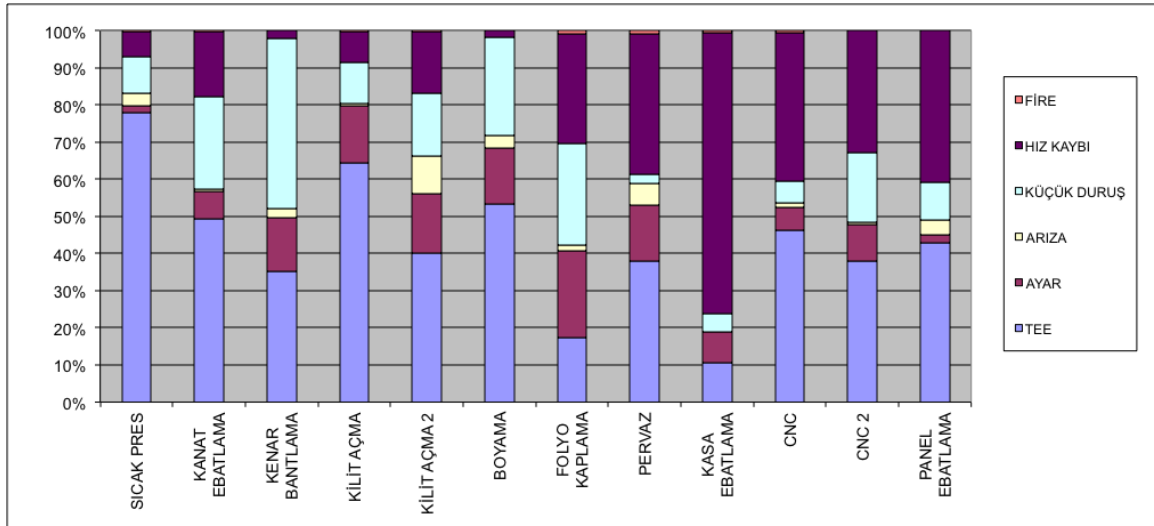
(Application of Proposed Method On The Door Slab Production)

Bu çalışmada kapı kanadı üretim hattının ana makineleri olan Sıcak Pres, Kanat Ebatlama, Kenar Bantlama ve Kilit Açma makineleri analiz edilmiştir. İlk olarak TEE ölçümleri yapılarak tesisteki tüm makinaların durumu gözlemlenmiştir. Makinalara ait Altı Büyük Kayıp ile TEE değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Önerilen yöntem sadece kanat üretim hattındaki Sıcak Pres, Kanat Ebatlama, Kenar Bantlama ve Kilit Açma makineleri için uygulanmıştır. Tablo 2'de ilgili makinalara ait duruşlara ait veriler, Tablo 3'de ise bu makinalarda TEE değerlerinin hesaplanması için kullanılan veriler sunulmuştur. Tablo 3'de görülebileceği gibi iş yükünü tamamlayabilmek için kuramsal olarak 17,6 vardiyaya ihtiyacı olan Sıcak Pres makinasına %85 Hedef TEE değeri tayin edilmiştir. Ancak bu durumda makine %85'lik TEE değeri ile çalıştığında iş

yükünü tamamlayabilmek için 20,7 vardiyaya ihtiyaç duyacaktır. Bu makine siparişleri üretebilmek için en yüksek sayıda vardiyaya ihtiyaç duyduğundan dolayı darboğaz ekipman/makina olarak kabul edilebilir. Böylece diğer makinalara da 20,7 vardiya hedefi tayin edilir. Çünkü diğer makinalar 20,7 vardiyadan önce iş yüklerini tamamlasalar dahi darboğaz ekipman siparişin 20,7 vardiyadan önce tamamlanmasına olanak vermeyecektir. Tüm siparişlerin üretimi gerçekleştikten sonra nihayet her bir ekipmana ait hedef TEE ve hedef vardiya sayısından sapmaları hesaplanmıştır ve elde edilen değerler Tablo 4'te verilmiştir. Bu aşamada çapraz doğrulama yapmak için hem vardiya sayısı hem de TEE değerleri kullanılmıştır. Analizin başında her ne kadar Sıcak Pres makinası darboğaz ekipman olarak kabul edilmiş olsa da yöntemin verdiği sonuçlar Kilit Açma makinasının kritik ekipman olduğuna işaret etmektedir. Çünkü Kilit Açma makinası hem TEE hedefinden hem de Vardiya Hedefinden en fazla sapan ekipman olmuştur. Böylelikle Kilit Açma makinası analizin devamında iyileştirme çalışmalarının yapılacağı ekipman olarak seçilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde görülecektir ki Kenar Bantlama makinesi %36,5 ile en düşük TEE değerini gerçekleştirmiştir. Ancak, gerçekleşen TEE değeri ile Hedef TEE değeri karşılaştırıldığında görülebilecektir ki ekipman, mevcut iş yükünün tamamlanması için gereken performansı sergilemiştir. Bu nedenle bu ekipman için şu aşamada daha fazla analitik inceleme yapmaya gerek görülmemiştir. Özetle, önerilen yöntemle; duruş miktarı (bakınız Tablo 2) en yüksek olan Kenar Bantlama makinesi değil mevcut iş yükünü diğerlerinden geç tamamlayan Kilit Açma makinesi iyileştirme yapmak için seçilmiştir.

4.3. İyileştirme Çalışmaları (Improvement Studies)

Kritik ekipmanın tespitinden sonra işletmedeki kalite çemberleri ya da iyileştirme takımları olarak adlandırılabilir küçük gruplar çeşitli TVB tekniklerini seçilen ekipmanın etkinliğini geliştirmek için kullandılar.



Şekil 2. Makinaların TEE değerleri ve kayıpları (Actual OEE values of the machines and their losses)

Tablo 3. Analiz edilen makinaların Hedef TEE değerlerinin hesaplanması
(Calculation of Target OEE values for the analyzed equipment)

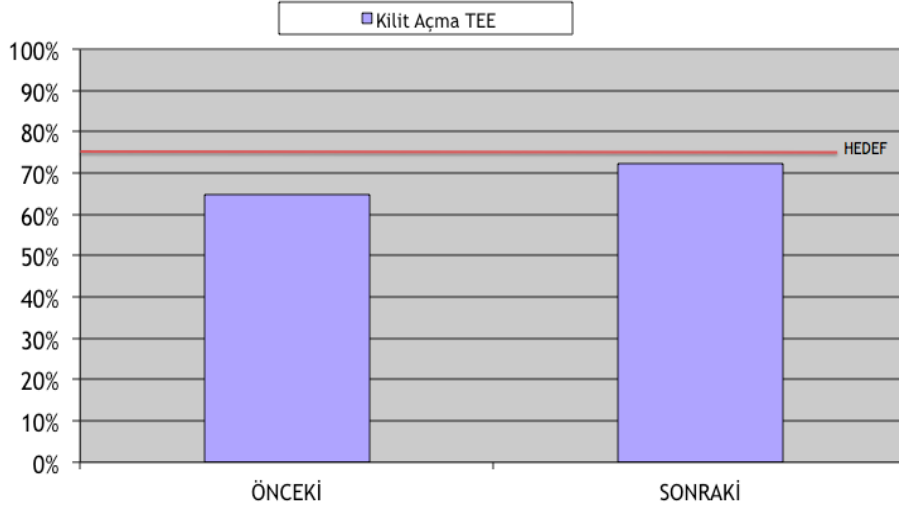
SİPARİŞLER		8793,8849,	8793,8849,	8793,8849,	8793,8849,	
Her ekipmana aynı siparişler yüklenir		8852,8853,	8852,8853,	8852,8853,	8852,8853,	
		8857,8879,	8857,8879,	8857,8879,	8857,8879,	
		8888,8889	8888,8889	8888,8889	8888,8889	
EKİPMAN/ MAKİNA						
		Sıcak Pres	Kanat Ebatlama	Kenar Bantlama	Kilit Açma	NOTLAR
i	İş Yüğü (Parça sayısı)	6166	6166	5549	5549	Üretim Planlama Bölümünün belirlediği iş yüğü
V_k	Teorik Kapasite (Parça sayısı)	350	600	760	360	Ekipmanın bir vardiyadaki teorik üretim kapasitesi
V_t	Vardiya Sayısı (Çalışma günü)	17,6	10,3	7,3	15,4	Ekipmanın teorik kapasitede çalışması durumunda iş yükünü üretmesi için gerekli vardiya sayısı
TEE_T	TEE Hedefi (%)	85	49,6	35,2	74,4	Hedef TEE değeri
V_h	Vardiya Hedefi (Çalışma günü)	20,7	20,7	20,7	20,7	Hedeflenen Vardiya Sayısı

Tablo 4. Ekipman seçimi için analiz sonuçları (Analysis results for the selected equipment)

SİPARİŞLER		8793,8849,	8793,8849,	8793,8849,	8793,8849,	
Her ekipmana aynı siparişler yüklenir		8852,8853,	8852,8853,	8852,8853,	8852,8853,	
		8857,8879,	8857,8879,	8857,8879,	8857,8879,	
		8888,8889	8888,8889	8888,8889	8888,8889	
EKİPMAN/MAKİNA						
		Sıcak Pres	Kanat Ebatlama	Kenar Bantlama	Kilit Açma	NOTLAR
TEE_T	TEE Hedefi (%)	85,0	49,6	35,2	74,4	Hedeflenen TEE değeri
V_h	Vardiya Hedefi (Çalışma günü)	20,7	20,7	20,7	20,7	Hedeflenen vardiya sayısı
TEE	Gerçekleşen TEE Değeri (%)	78,1	49,8	36,5	64,7	Gerçekleşen TEE değeri
V_g	Vardiya Sayısı (Çalışma günü)	22,6	20,6	20,0	23,8	Gerçekleşen vardiya sayısı
V_σ	Hedekten Sapma	1,8	-0,1	-0,7	3,1	Hedef vardiya sayısından sapma miktarı
TEE_σ		%8,1	%-0,4	%-3,6	%13,0	Hedef TEE değerinden sapma oranı

Bu amaçla ilk olarak makinaların altı büyük kaybı TEE ölçümleri ile belirlendi. Bu ölçümler üçer aylık dönemlerde tekrarlandı. Ölçüm sonuçlarına göre Kilit Açma makinasında tespit edilen en büyük üç kayıp; ayar ve kalibrasyon kaynaklı kayıplar, küçük duruşlardan kaynaklanan kayıplar ve hız kayıpları oldu. Bu makinenin

Hedef TEE değerine ulaşabilmesi için yaklaşık %9 değerinde kaybın elenmiş olması gerekmektedir. Bunu başarmak için kayıpların kök nedenlerini belirlemek üzere ayrıntılı bir analiz yürütülmüştür. Yapılan incelemelerde makinenin bazı elektronik parçalardan dolayı sıklıkla durduğu tespit edilmiştir. Gözlemler bazı parçaların,



Şekil 3. Kilit Açma makinesinin TEE değerlerinin değişimi (OEE values for lock opening machine)

makinenin üretim esnasında çıkardığı talaştan olumsuz yönde etkilendiğini göstermiştir. İşletmede üretim esnasında ortaya çıkan talaş, merkezi bir toz toplama sistemi tarafından hava emilimi yoluyla toplanmaktadır. Yapılan kontroller sonrasında, makinenin talaşını emen mevcut toz emiş bağlantılarının ortaya çıkan talaşı toplamak için yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Araştırmalar bazı emiş hortumlarının makinenin robot bıçakları tarafından kesildiği için makine ile bağlantılarının kesildiğini ortaya koymuştur. Sorunu çözmek için makineye yeni emiş hortumları bağlanmış ve benzer problemleri önlemek amacıyla hortumlar robot bıçaklara daha sıkı şekilde bağlanmıştır. Sonuç olarak toz emme sisteminin performansı artmış ve makine çevresindeki toz miktarı da azalmıştır. Benzer şekilde birçok problem çözülerek üretim kayıpları yok edilmiştir. Bu iyileştirmeler sonrası iyileştirmenin yapıldığı makinenin TEE değerinde anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir. Kilit Açma makinesinin TEE değerindeki bu iyileşme Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3'de görülebildiği gibi Kilit Açma makinesinin %64,7 olan TEE değeri iyileştirme çalışmaları sonrası artarak %72,4'e ulaşmıştır. TEE değeri iyileştirme çalışmaları sonrası Hedef TEE değerine epey yaklaşmıştır. İyileştirme sonrasında Kilit Açma makinesi aynı iş yükünü önceki koşullara kıyasla 1,5 vardiya daha kısa sürede tamamlayabilir hale gelmiştir. İyileştirme öncesinde 3754 dakika duruş yaşanan makinada iyileştirme sonrasında 2200 dakika duruş yaşanmıştır. Bu iyileştirme yalnızca iyileştirme yapılan makinada değil tüm hat üzerinde etki oluşturmuştur. Sonuçta kapı kanadı üretim süresi %6,3 oranında azalmıştır.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, çoğunlukla siparişe göre üretim yapan bir KOBİ'de makinelerin etkinliğini arttırmak için Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) tabanlı yeni bir yöntem sunulmuştur. KOBİ'nin iyileştirme çalışmaları için sahip olduğu kısıtlı kaynaklar ve TEE'yi sipariş bazlı bir ortamda

uygulamanın güçlüğü bu çalışmanın çıkış noktalarını oluşturmuştur. "Hedef Belirlemeyle Kritik Ekipman Seçimi" olarak adlandırılan yöntem, planlı iş yükünü temel olarak belirlenmiş bir üretim hattındaki kritik ekipmanı seçmeye çalışmaktadır. Belirlenen kritik ekipmanın kayıpları, iyileştirme çalışmaları vasıtasıyla elendiğinde, ekipmanın üretkenliği beklendiği şekilde artmıştır. Dahası, elde edilen sonuçlar göstermiştir ki önerilen yöntem yalnızca kritik ekipmanın performansının iyileşmesine yol açmamış bununla birlikte hattın toplam üretkenliğini de (sipariş üretim süresi) olumlu yönde etkilemiştir.

Gerçekleştirilen işletme analizinde önerilen yöntem ile sağlanan faydalar şöyle sıralanabilir;

- Kısıtlı kaynaklarla yürütülen TVB çalışmaları kapsamında hangi ekipmana ne oranda iyileştirme yapılacağına bilinmemesi problemi ortadan kalkmıştır.
- İyileştirilecek ekipmanın tüm kayıpları yerine, TEE Hedefine ulaşabilecek bir oranda iyileştirme yapılması sağlanmıştır. Böylelikle iyileştirme çalışmaları için ayrılan kaynak ihtiyacı ciddi oranda düşürülmüştür.
- Bir ekipmana sırf TEE'si düşük diye iyileştirme yapılması engellenmiştir ve böylece kaynak israfının önüne geçilmiştir.
- Üretim hattının toplam üretkenliğinin yapılan çalışma kapsamında arttığı gözlemlenmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki, kaynaklar dahilinde hattaki diğer ekipman için yapılacak benzer çalışmalarla hattın üretkenliğini daha da arttırmak mümkündür.
- Bir ekipmanın TEE değeri için yetersiz, düşük, yeterli, yüksek gibi bir sınıflama yapılabilmesine olanak sağlayacak temel bir değer (Hedef TEE) elde edilmiştir.

Önerilen yöntemin benzer problemlerle boğuşan KOBİ'ler için kullanışlı bir araç olacağı söylenebilir. Bu kapsamda, yöntemin bir ara yüz vasıtasıyla KOBİ'lerin kullanımını kolaylaştıracak bir hale getirilmesi de planlanmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yurdakul M, Türkbaş S., Altınova S., Bir imalat tesisinde Toplam Verimli Bakım (TVB) uygulaması, *Mühendis ve Makine*, 49 (583), 11-16, 2008.
2. Karaoğlan İ., Altıparmak F., Dengiz B., Analysis of Maintenance Policies in Just in Time Production System, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 22 (1), 181-189, 2007.
3. Mishra Y., Tiwari P., Aarif M., Jain, K., Total Productive Maintenance, *International Conference on Emerging trends in Engineering & Management for Sustainable Development*, 2016.
4. Shen C.C., Discussion on key successful factors of TPM in enterprises, *Journal of Applied Research and Technology*, 13 (3), 425-427, 2015.
5. Karamanlı A.F., Toplam Verimli Bakım Sürekli İyileştirme Takımlarının Ekipman İyileştirme Faaliyetleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
6. Prasanth S., Poduval V.R., Pramod Jagathy Raj V.P., Interpretive Structural Modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of Total Productive Maintenance (TPM), *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32 (3), 308 – 331, 2015.
7. Muthiah K.M., Huang, S.H., Mahadevan, S., Automating factory performance diagnostics using overall throughput effectiveness (OTE) metric, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36 (7-8), 811-824, 2008.
8. Dal B., Tugwell P., Greatbanks R., Overall Equipment Effectiveness as a Measure of Operational Improvement—a Practical Analysis, *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (12), 1488-1502, 2000.
9. Pintelon L., Muchiri P., Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review and Practical Application Discussion, *International Journal Production Research*, 46 (13), 3517-3535, 2008.
10. Nakajima S., *Introduction To TPM*, Productivity Press, A.B.D., 1988.
11. Yaşın M.F., Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Toplam Ekipman Etkinliğinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım: Bir Ahşap İşleme Tesisinde Uygulama, Master Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2014.
12. Raja P.N., Kannan, S.M., Evolutionary programming to improve yield and overall equipment effectiveness of casting industry, *Journal of engineering and applied sciences*, 2 (12), 1735-1742, 2007.
13. Wang F.K., Lee W., Learning Curve Analysis in Total Productive Maintenance, *The International Journal of Management Science*, 29, 491-499, 2001.
14. Temiz İ., Atasoy E., Sucu A., Toplam Ekipman Etkinliği ve Bir Uygulama, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12 (4), 49-60, 2010.
15. Almeanazel O.T.R., Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4 (4), 517-522, 2010.
16. Tsarouhas, P.G., Evaluation of Overall Equipment Effectiveness in the Beverage Industry: A Case Study, *International Journal of Production Research*, 51 (2), 515-523, 2011.
17. Jain A., Bhatti R.S., Singh H., OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32 (5), 503-516, 2015.
18. Görener A., Toplam Verimli Bakım ve Ekipman Etkinliği: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2 (1), 2012.
19. Geniş U.O., Bir Üretim İşletmesinde Toplam Verimli Bakım Uygulaması, Master Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2007.
20. Robinson C.J., Ginder A.P., *Implementing TPM*, Productivity Press, A.B.D., 1995.
21. Pomorski T., Managing Overall Equipment Effectiveness [OEE] to Optimize Factory Performance, *Uluslararası Katılımlı Semiconductor Manufacturing Sempozyumu*, A.B.D., A33-A36, 1997.
22. Fuss & O'Neill, (J. Kravontka, Dü.). Best of Best OEE. <http://www.fando.com/documents/File/SinglePointLesson/spl5.pdf>. Yayın tarihi 2013., Erişim Tarihi Nisan 5, 2013.
23. Elevli S., Özcan G., Şipal D., Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Toplam Ekipman Etkinliğinin Belirlenmesinde Yaşanan Güçlükler, *MakinaTek*, 8, 113-128, 2005.
24. Garavelli A.C., Performance Analysis of a Batch Production System with Limited Flexibility, *International Journal of Production Economics*, 69 (1), 39-48, 2001.
25. Gaboury P., Paccard D., Killeen D., Managing, Measuring and Improving Equipment Capacity and Overall Equipment Efficiency (OEE) Using iPLUS, *Uluslararası Katılımlı Semiconductor Manufacturing Sempozyumu*, A.B.D., 25-28, 2001.