

**Article Arrival Date**

20.03.2021

**Article Type**

Research Article

**Article Published Date**

20.06.2021

**Doi Number:** <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.390>

**TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ VE BİR İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULAMA**  
**OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS AND IMPLEMENTATION IN A**  
**MANUFACTURING FACILITY**

**Ceyda ÖZÇELİK**

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Undergraduate Student, Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial  
Engineering, Kocaeli/Türkiye

ORCID: 0000-0002-7410-0050

**Selen AVCI**

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering

Kocaeli/Türkiye

ORCID: 0000-0001-7433-5696

**Zerrin ALADAĞ**

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering

Kocaeli/Türkiye

ORCID: 0000-0002-5986-7210

186

**ÖZET**

Günümüzün rekabetçi koşullarında işletmeler için verimlilik ve performans kavramlarının öneminin artmasıyla Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) uygulamalarının hız kazandığı söylenebilir. Bu çalışmada, lastik imalatı yapan bir işletmede yarı mamul hazırlık sürecinde yer alan bir makinenin TEE değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle, makinenin mevcut durumu, çalışma prensibi ve işleyişi incelenmiştir. Makinede zaman etüdü gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler üzerinden TEE hesaplamaları yapılmıştır. Mevcut durumda hesaplanan etkinlik değerlerinin hedeflenen değer altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, makinedeki kayıplar sınıflandırılmış ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. Vardiya düzeninin değiştirilmesi ile ilgili önerinin uygulanması durumunda meydana gelecek sonuçların öngörülmesi amacıyla bir simülasyon modeli hazırlanmıştır. Modelin çıktılarında boş kalma sürelerinin azaldığı, operasyon sürelerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, iyileştirme önerisinin hayata geçirilmesine karar verilmiştir. İyileştirilmiş durum için yeniden TEE hesaplamaları yapılmış ve önerilen metotta makinenin etkinlik değerinin hedeflenen seviyenin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılan iyileştirme TEE'nin "kullanılabilirlik", "performans" ve "kalite" bileşenlerinin her birine olumlu olarak yansımıştır. Ayrıca yeni durumda, makinenin boş kalma süresi ortadan kalktığı için makinede 60 dakikalık bir planlı süre kazanılmış ve buna bağlı olarak ıskarta oranları azalmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, gerçek bir uygulama ile TEE'nin doğru ve sistemli bir şekilde hayata geçirildiği takdirde işletmeye sağlayacağı katkı aşamalı bir mühendislik çalışması ile gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İyileştirme, Kalite, Kullanılabilirlik, Performans, Toplam Ekipman Etkinliği (TEE).

## ABSTRACT

In today's competitive conditions, the importance of efficiency and performance has increased for businesses. Accordingly, it can be said that Overall Equipment Effectiveness (OEE) practices have increased in companies. In this study, the OEE values of a machine that takes part in the semi-product preparation process in a tire manufacturing facility are calculated and it is aimed to improve these values. Firstly, the current state, working principle and functioning of the machine have been examined. Time study was performed on the machine and OEE calculations were made based on the obtained values. It has been determined that the currently efficiency values are below the targeted value. For this reason, the downtimes in the machine have been classified and suggestions for improvement are presented. A simulation model has been prepared in order to predict the consequences that will occur in case the proposal for changing the shift order is implemented. In the outputs of the model, it was determined that the idle times decreased and the operation times increased. Accordingly, it was decided to implement the improvement suggestion. OEE calculations were made again for the new situation and it was determined that the efficiency value of the machine was above the targeted level in the proposed method. In addition, the improvement made positively reflected in each of the "availability", "performance" and "quality" components of OEE. In addition, in the new case, as the idle time of the machine is eliminated, a planned time of 60 minutes has been gained in the machine and accordingly the scrap rates have decreased. As a result, in this study, the contribution that OEE will provide to the companies if it is implemented correctly and systematically has been shown with a real application.

**Keywords:** Availability, Improvement, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Performance, Quality.

## 1. GİRİŞ

Günümüz koşullarında işletmeler devamlılıklarını sağlayabilmek için mevcut pazar paylarını korumalı ve arttırmalıdır. Pazarda daralma, yeni firmaların pazara girmesi ya da pazara ikame sektörlerin ortaya çıkması gibi durumlarda ise işletmeler için rekabet edebilme yeteneği kritik önem taşır. Rekabet gücünün önündeki en büyük engel, ürün veya hizmet proseslerinde ortaya çıkan fazladan maliyetler, gereksiz kaynak tüketimleri, boş kalma süreleri ve hatalardır.

Yalın üretim, sürekli iyileşme ile işletmelerin mükemmelliğe ulaşmasını sağlayan bir stratejidir. Bu felsefenin temelinde gereksiz maliyetlerin ve hataların elimine edilmesi için SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi), TVB (Toplam Verimli Bakım), Kaizen, Poka Yoke ve JIT (Tam Zamanında Üretim) gibi uygulama araçları yer almaktadır (Çelik, 2020). 1970'lerde ortaya atılan TVB, tüm çalışanların katkı sağlaması ile önleyici ve düzeltici bakımı optimize eden bir yöntemdir. Böylece makinelerin arızalarından ya da aksaklıklarından kaynaklanan kayıp ve darboğazların önüne geçerek üretim ekipmanının genel etkinliğini iyileştirme amaçlanır. TVB uygulamalarının ne ölçüde faydalı olduğunun ortaya konması Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) değerlerinin hesaplanmasıyla mümkündür (Acar ve Çakırkaya, 2018). TEE, ekipmanın ideal çalışma şartlarından sapmasına sebep olan tüm kayıpları sistematik ve rasyonel biçimde ortaya koyan bir analiz ve etkinlik ölçme yöntemidir. Böylece, ekipmanın üretim kayıpları ölçülerek potansiyel iyileştirme alanları ortaya konur (Yaşın ve Daş, 2017)

Başta imalat olmak üzere birçok sektörde TEE ile ilgili çalışmalar yapılmış olup literatürde yer alan çalışmalardan bazıları Tablo 1'de özetlenmiştir. Çalışmalarda çeşitli yöntemlerle TEE değerlerinin artırılması amaçlanmıştır.

**Tablo 1.** Literatür Özeti

Yazar	Yıl	Amaç ve Yöntem
Pintelon ve Muchiri	2006	Çalışmada, üretimdeki kayıplar kategorize edilerek TEE hesabında ölçüm aracı kullanmanın faydaları ve zorlukları üzerinde durulmuştur.
Temiz, Atasoy ve Sucu	2010	Bir döküm fabrikasının kalıplama hatlarında yapılan çalışmada, pareto analizi yardımıyla TEE değerleri hesaplanmış, analiz edilmiş ve analiz sonucunda bu değerler maksimize edilmeye çalışılmıştır.
Görener	2012	Aspiratör imalatı yapan bir firmada TEE değeri %33 olarak hesaplanmıştır. En düşük orana sahip bileşen “makine uygunluğu” olarak tespit edilmiştir.
Maraşlı ve Kemahlı	2013	Bir elektrik fabrikasında gerçekleştirilen çalışmada iyileştirme önerileriyle bir yıl içerisinde TEE değeri %50’den %75’e çıkarılmıştır.
Vijayakumar ve Gajendran	2014	Plastik enjeksiyon kalıplama prosesinde gerçekleştirilen çalışmada iyileştirme faaliyetleriyle TEE oranları %61’den %81’e arttırılmıştır.
Yasin ve Daş	2016	Ahşap işleme alanında faaliyet gösteren bir KOBİ (Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler)’de TEE değerlerini arttırmak amacıyla gerçekleştirilen çalışmada etkinlik değerlerinin %64,7’den %72,4’e yükseldiği gözlenmiştir.
Özveri, Kabak ve Keleş	2016	Bir günlük gazete baskı matbaasında TEE açısından iki farklı yaklaşımın uygulanabilirliği denenmiştir. Yapılan 6 aylık çalışmada iki farklı yaklaşımla TEE hesaplamaları yapılmış ve analiz edilmiştir.
Acar ve Çakırkaya	2018	Çalışma kapsamında makarna üretimi yapan bir işletmede TEE değerleri hesaplanmıştır. Makine duruş süreleri değerlendirilmiş ve bu kapsamda bazı iyileştirme kararları alınarak hesaplanan ve hedeflenen TEE değerleri karşılaştırılmıştır.
Özkan, Ada ve Genlik	2018	Bir işletmenin deterjan üretim bölümünde belirli bir dönem boyunca TEE değerleri hesaplanış ve dönem sonunda ortalama TEE değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan TEE değerlerini standarda yaklaştırmak için belirlenen öneriler Triz yöntemi ile sistematik bir şekilde uygulanmıştır. Belirlenen iyileştirme önerileri %85’lik hedef değere ulaşmada yetersiz kalmıştır.
Çelik	2019	Çelik üretimi yapan bir işletmede kabuk soyma hattında ayar sürelerinin iyileştirilmesi için SMED ve 5S uygulanarak TEE değerlerinde %1,02’lik bir artış elde edilmiştir.
Çelik	2019	Çalışmada TEE’ye alternatif olarak OOE (Genel Operasyon Etkinliği) kavramı sunulmuştur. OOE aracılığıyla hesaplanan etkinlik değerinin düşük; TEE ile hesaplanan etkinlik değerinin ise yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Çelik	2020	Çalışmada çelik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede üretim hattında meydana gelen hata türü ve etkileri (FMEA) tespit edilmiştir. 11 adet Poka Yoke ile TEE %10,83 arttırılmıştır.

Bu çalışmada, lastik imalatı yapan bir işletmenin yarı mamül hazırlık sürecinde bulunan bir makinede TEE hesaplamaları yapılmış ve analiz edilmiş; sonrasında iyileştirme önerileri sunulmuştur. Vardiya düzeni ile ilgili önerinin sonucunu öngörebilmek amacıyla mevcut ve önerilen metotlara dair simülasyon modeli hazırlanmış ve TEE değerlerindeki iyileşme gözlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde TEE ile ilgili kavramsal çerçeve sunulmuş, üçüncü bölümde yöntemden bahsedilmiş, dördüncü bölümde vaka çalışması anlatılmış ve beşinci bölümde sonuç ve öneriler ile çalışma sonlandırılmıştır.

## 2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1. Toplam Ekipman Etkinliği (TEE)

Toplam Ekipman Etkinliği (TEE), temeli TVB'ye dayanan ve bir işletmenin sahip olduğu tüm ekipmanları ne derece kullanabildiğini gösteren bir faktör olarak önemli bir performans ölçütüdür. TEE, makinelerdeki arıza ve duruşlar, teçhizatlar ile ilgili ayarlar, çalışanların performansındaki düşüşler, makineden verilen ıskartalar ile ilgilendir. TEE değerleri, işletmelere makine ve ekipmanlarından maksimum düzeyde faydalanıp faydalanmadıklarını hakkında fikir verir. TEE analizi ile üretim sürecinde gerçekleşen kayıplar ortaya konur ve sonrasında sistemli bir şekilde ortadan kaldırılarak kayıplar minimize edilir. TEE üretimde ortaya çıkabilecek altı büyük kayıp ile mücadele eder. Bu kayıp türleri aşağıda kısaca açıklanmıştır (Koçak, 2015):

1. **Arıza Kaybı:** Makinelerde, üretim hattında oluşan veya ekipmandan dolayı ortaya çıkan beklenmeyen duruşlardır.
2. **Set-up Kaybı:** Makinenin üretime hazırlanması sürecinde veya ekipmanların ayarlarında yapılan değişikliklerden kaynaklı harcanan zamandır.
3. **İkmal ve Doldurma Kaybı:** Üretimin sürekli olarak devam etmesi için kullanılan malzemenin yerine yenisinin getirilmesi sürecinde harcanan zamandır.
4. **Küçük Duruş Kayıpları:** İşletmelerde 5 dakikadan az süren duruşlar genellikle operatörün müdahalesiyle çözülür. Bu nedenle bu tür duruşlar kaydedilmez ve dönem sonu "performans kaybı" olarak görünür.
5. **Hız Kaybı:** Makinenin bilinçli bir şekilde yavaşlatılması veya herhangi bir sebepten dolayı olması gereken hızda çalışmaması durumudur.
6. **Hurda ve Tekrar İşlem Kaybı:** İyi veya hatasız ürün olarak sınıflandırılmayacak ürünlerin ıskartaya ayrılmadan makinede tekrar işlem görmesi sebebiyle oluşan kayıp ve duruşları kapsar.

### 2.2. TEE'nin Bileşenleri

Nakajima (1988) TEE'nin Denklem 1'de verildiği üzere üç bileşen ile hesaplanabildiğini göstermiştir.

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

Kullanılabilirlik, sistemin çalışma süresinin planda çalıştırılabilecek olan zamana oranının yüzde ile ifadesidir. Performans, planlanana göre makinenin çalıştığı hızı ifade eder. Kalite ise üretimine başlanan birimlerin içerisinde iyi olanlarının yüzdesidir. Kullanılabilirlik, performans ve kalite sırasıyla Denklem 2, Denklem 3 ve Denklem 4 yardımıyla hesaplanabilir.

$$\text{Kullanılabilirlik} = \frac{\text{Çalışma Süresi}}{\text{Planlanmış Zaman}} \quad (2)$$

$$\text{Performans} = \frac{\text{Toplam Üretilen Parça Sayısı}}{\text{Üretilmesi Gereken Parça Sayısı}} \quad (3)$$

$$\text{Kalite} = \frac{(\text{Üretilen Birimler} - \text{Hatalı Birimler})}{\text{Üretilen Toplam Birimler}} \quad (4)$$

Wang ve Lee (2001) TEE değeri %85 ya da daha yüksek bir ekipmanı “dünya klasmanı” olarak değerlendirmiştir. %85’ten düşük olan TEE değerleri “tipik”, %60’tan düşük TEE değerleri ise “düşük” olarak nitelendirilir.

### 3.YÖNTEM

Çalışmada mevcut çalışma düzeni ile önerilen çalışma düzeninin karşılaştırılabilmesi için zaman etüdü ve simülasyon yöntemlerinden faydalanılmıştır.

#### 3.1. Zaman Etüdü

Zaman etüdü; nitelikli bir işçinin belirli bir işi, belirli koşullar altında ve belirli bir tempoda yapabilmesi için gereken zamanın belirlenmesi için işin öğelerine ayrılması ve gerekli verilerin toplanarak çözümlenmesi ile gerçekleştirilen bir iş ölçümü yöntemidir. Zaman etüdünde örneklem büyüklüğü, belirlenen güven düzeyine göre hesaplanmaktadır. Zaman etüdünün aşamaları aşağıda sıralanmıştır:

1. Zaman etüdü yapılacak işin, çalışanın ve iş istasyonunun seçimi,
2. İş, çalışan ya da işin yapılmasını etkileyen çevre koşulları ile ilgili bütün mevcut bilgilerin toplanması ve kaydedilmesi,
3. Yöntemin tanımının kaydedilmesi ve işin elemanlarına ayrılması,
4. İşçinin, her iş elemanını tamamlayabilmek için harcadığı zamanın bir cihaz (kronometre, vb.) ile ölçülerek kaydedilmesi,
5. Çalışan için tempo takdiri yapılması,
6. Gözlenen zamanların temel (normal) zamanlara dönüştürülmesi,
7. İşlemin temel süresine ek olarak ayrılacak payların belirlenmesi,
8. Standart zamanının hesaplanması (Malkoçoğlu, Çakmak ve Üçüncü, 2013).

$GZ$  gözlem zamanı,  $R$  tempo,  $NZ$  normal zaman,  $T$  tolerans ve  $SZ$  standart zaman olmak üzere yöntemle dair formüller Denklem 5 ve 6’da verilmiştir (Kanawaty, 2004).

$$NZ = GZ * \left( \frac{R}{100} \right) \quad (5)$$

$$SZ = NZ * (1 + T) \quad (6)$$

#### 3.2. Simülasyon

Teorik ya da fiziksel gerçek bir sistemin, bilgisayar ortamında modellenerek sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesine olanak sağlayan bir tekniktir. Diğer bir deyişle simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır. Oluşturulan model ile bir üretim sisteminde yapılması istenen ancak denemesi mümkün olmayan ya da çok maliyetli olan iyileştirmelerin sonuçları hakkında fikir sahibi olmak mümkündür.

Bir simülasyonun başarısı, modelin gerçeği ne ölçüde yansıttığı ile belirlenir. Problemin doğru tanımlanması, modelin amacının tam ve doğru olarak belirlenebilmesi, verilerin başarılı bir şekilde toplanması ve istatistiksel analizleri ve uygun simülasyon programının seçilmesi modelin başarısı için önemli adımlardır (Küçükönder ve Uçar, 2015). Simülasyon dilleri ve kullanımları simülasyon yapılacak konuya göre değişkenlik gösterse de ProModel ve Arena üretim sektöründe en sık kullanılan paket programlar arasında sayılabilir. Bunların dışında genel amaçlı kullanım dilleri de simülasyon modellemede yer alabilmektedir. Bu çalışmada ProModel paket programı kullanılmıştır.

## 4. VAKA ÇALIŞMASI

### 4.1.Mevcut Durum Analizi

Tablo 2’de gösterildiği üzere mevcut durumda makine, 24 saat boyunca 3 vardiya ve her vardiyada 2 operatör çalışacak şekilde faaliyet göstermektedir. Haftanın 4 günü ikişer operatör 3 vardiya çalışmaktadır. Cuma, cumartesi ve pazar günlerinde ise her gün için iki operatöre hafta tatili kullandırılmaktadır. Mevcut durumda makine için 6 operatör bulunmakta gerekli durumlarda bu kişiler yedeklenebilmektedir. Makine, makinist ve toplama grubu olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır ve bir vardiyada en az 2 operatör çalışmak zorundadır.

**Tablo 2.** Mevcut Durumda Makinenin Gün-Vardiya Düzeni

Günler	Vardiya		
	1.Vardiya (00.00-08.00)	2.Vardiya (08.00-16.00)	3.Vardiya (16.00-00.00)
<b>Pazartesi</b>	2 operatör	2 operatör	2 operatör
<b>Salı</b>	2 operatör	2 operatör	2 operatör
<b>Çarşamba</b>	2 operatör	2 operatör	2 operatör
<b>Perşembe</b>	2 operatör	2 operatör	2 operatör
<b>Cuma</b>	Çalışma yok	2 operatör	2 operatör
<b>Cumartesi</b>	Çalışma yok	2 operatör	2 operatör
<b>Pazar</b>	Çalışma yok	2 operatör	2 operatör

Mevcut durumda TEE değerinin belirlenebilmesi için kullanılabilirlik, performans ve kalite bileşenlerinin ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Performans bileşenine ait verilerin elde edilebilmesi için makinede zaman etüdü çalışması yapılmıştır.

Makinede “yanak bobini” üretimi yapılmaktadır. Öncelikle iş, 13 öğeye ayrılmıştır. Makinede kalifiye iki elemanın çalıştığı bir vardiya boyunca gözlem yapılmıştır. Vardiyada ortalama 15 gözlem alınmış, tempo değeri operatörlerin tam randımanlı çalıştığı varsayılarak %100 olarak takdir edilmiştir. Dinlenme payları vardiyada iki kere 15 dakikalık çay molası, bir kere 30 dakikalık yemek molası olacak şekilde toplamda 60 dakika olarak hesaba katılmıştır. Tablo 3’te gözlemlerden elde edilen verilerin ikisine ait değerler örnek olarak sunulmuştur. Tabloda iş öğeleri, her bir iş öğesinin başlangıç ve bitiş zamanları ve toplam süreleri yer almaktadır.

**Tablo 3.** Mevcut Durum İçin Zaman Etüdü Verileri

İş Öğeleri		Başlangıç		Toplam Süre	Bitiş		Toplam Süre
		Süreleri	Süreleri		Süreleri	Süreleri	
Önceki üretim	durdurma	00:00:00.000	00:00:04.550	<b>7,22</b>	00:00:00.000	00:00:04.840	<b>7,51</b>
Orta sehpanın indirilmesi		00:00:04.550	00:00:11.440	<b>11,56</b>	00:00:04.840	00:00:12.640	<b>13,13</b>



Kontrollerin yapılması	00:00:11.440	00:00:19.640	<b>13,53</b>	00:00:12.640	00:00:21.580	<b>14,94</b>
Çenelerin açılması	00:00:19.640	00:00:31.480	<b>19,84</b>	00:00:21.580	00:00:32.400	<b>18,15</b>
Kalıp ucundaki atık mescolenin alınması	00:00:31.480	00:00:39.920	<b>13,77</b>	00:00:32.400	00:00:42.160	<b>16,43</b>
Önceki kalıbın konması	00:00:39.920	00:00:55.440	<b>26,19</b>	00:00:42.160	00:00:57.880	<b>25,72</b>
Atık mescolenin temizlenmesi	00:00:55.440	00:01:09.240	<b>23,13</b>	00:00:57.880	00:01:12.280	<b>24,40</b>
Kalıbın proformatör önüne konması	00:01:09.240	00:01:17.480	<b>13,57</b>	00:01:12.280	00:01:20.600	<b>13,65</b>
Çenelerin Kapatılması	00:01:17.480	00:01:25.040	<b>12,89</b>	00:01:20.600	00:01:28.880	<b>13,61</b>
Orta sehpanın üretim için kaldırılması	00:01:25.040	00:01:35.880	<b>17,51</b>	00:01:28.880	00:01:38.680	<b>16,47</b>
Mescolenin kalıba verilmesi	00:01:35.880	00:01:59.480	<b>39,60</b>	00:01:38.680	00:02:01.720	<b>38,37</b>
Önceki üretimle birleştirilmesi	00:01:59.480	00:02:25.840	<b>43,69</b>	00:02:01.720	00:02:29.120	<b>46,07</b>
Ayar işlemlerinin yapılması	00:02:25.840	00:02:48.160	<b>37,65</b>	00:02:29.120	00:02:49.400	<b>33,61</b>

Alınan gözlemler video analiz yöntemiyle incelenmiş ve yapılan hesaplamaların ardından iş öğelerinin standart zamanları Tablo 4'teki gibi hesaplanmıştır. Tabloya göre “mescolenin kalıba verilmesi”, “önceki üretimle birleştirilmesi” ve “ayar işlemlerinin yapılması” adımları mevcut durumda en çok zaman alan işlemlerdir. İş adımlarının standart zamanları toplanarak bir bobinin üretilmesi için gerekli süre bulunmuştur. Buna göre bir vardiyada bir yanak bobini **19,8** dakikada üretilmektedir.

**Tablo 4.** Makinedeki İş Öğeleri ve Standart Zamanları

İşlem Adımları	Standart Zamanlar (dk)
Önceki üretim durdurma	7,48
Orta sehpanın indirilmesi	11,13
Kontrollerin yapılması	13,12
Çenelerin açılması	21,60
Kalıp ucundaki atık mescolenin alınması	11,08
Önceki kalıbın konması	28,14
Atık mescolenin temizlenmesi	25,35
Kalıbın proformatör önüne konması	13,80
Çenelerin kapatılması	14,27
Orta sehpanın üretim için kaldırılması	17,76
Mescolenin kalıba verilmesi	42,46
Önceki üretimle birleştirilmesi	45,14
Ayar işlemlerinin yapılması	35,05

#### 4.1.1.Mevcut Durumda TEE Değerleri

Makinede 60 dakikalık toplam mola süresinde mescole ısındığı için boşa akmakta ve operatör çay ya da yemek molasından döndüğünde boşa akan mescoleyi temizleyip ıskartaya çıkarmak durumunda

kalmaktadır. Bunun yanı sıra makinede plansız kapalı kalma süresi de 55 dakika olarak tespit edilmiştir. Denklem 2'ye göre "kullanılabilirlik" değeri %86,90 olarak hesaplanmıştır.

Zaman etüdünden elde edilen verilere göre makinede 2 operatörün çalışması durumunda bir vardiyada üretilmesi gereken parça sayısı toplam 18 bobin olarak belirlenmiştir. Gözlemlere göre ise bir vardiyada ortalama 16 bobin üretilmekte ve bu bobinlerden ortalama olarak 12'si hatasız üretilmektedir. Bu bağlamda Denklem 3'e göre "performans" bileşeni %88,88; Denklem 4'e göre "kalite" bileşeni %75 olarak hesaplanmıştır. Denklem 1'e göre ise mevcut durumda TEE değeri %57,93 olarak hesaplanmıştır. %57,93'lük TEE değeri %60'luk sınırın altında kaldığından "düşük TEE" kategorisinde yer almaktadır. Eylül 2020 için hesaplanan bu değer tesadüfsef nedenlerden etkilenip etkilenmediğinin belirlenebilmesi için geçmiş 2 ay için de TEE değerleri benzer şekilde hesaplanmış ve Temmuz 2020- Ağustos 2020 için TEE değerleri sırasıyla %59,49 ve %56,59 olarak elde edilmiştir. Mevcut TEE değerlerinin iyileştirmeye ihtiyaç duyduğu açıktır.

#### 4.1.2. İyileştirme Önerileri

TEE değerlerinin istenen düzeyde olmasının önündeki en büyük engellerden biri makinedeki duruşlardır. Makinedeki duruşlar "altı büyük kayıp" kategorilerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

**Arıza Kaybı:** Mekanik arızalar, elektronik arızalar, kalıp arızası

**Set-up Kaybı:** Oto-kontrol ve ölçü değişimleri

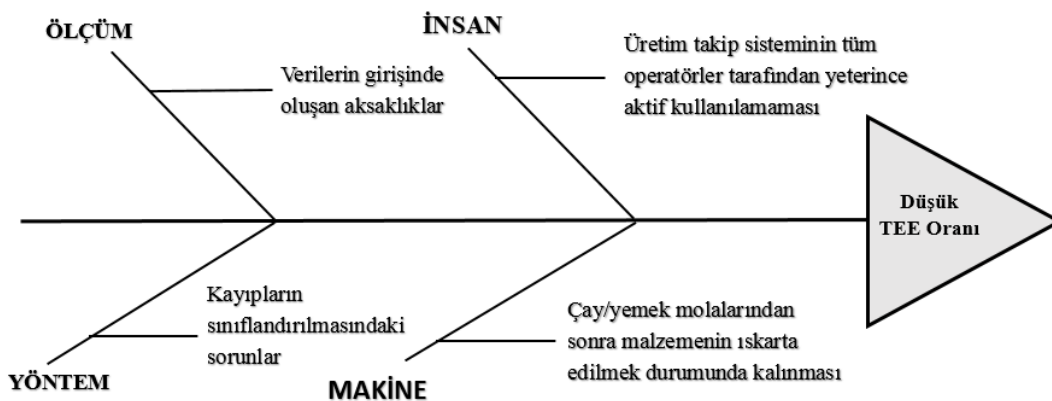
**İkmal ve Doldurma Kaybı:** Malzeme bekleme ve malzeme eksikliği

**Küçük Duruş Kayıpları:** Malzemeye yapılan kısa müdahaleler

**Hız Kaybı:** Kalite müdahale, kalıp değişimi

**Hurda ve Tekrar İşlem Kaybı:** Iskarta temizliği

Makinedeki duruşların sınıflandırılmasının ardından, duruşların ve hedeflenen düzeyin altında kalan TEE değerlerinin nedenlerini ölçüm, insan, makine ve yöntem faktörleri açısından analiz edebilmek için Şekil 1'de gösterilen balık kılıçığı diyagramı hazırlanmıştır.



Şekil 1. Balık Kılıçığı Diyagramı

Diyagramdan yola çıkılarak uzman grup tarafından sunulan iyileştirme önerileri aşağıda verilmiştir:

- Kayıpların doğru şekilde sınıflandırılması.
- Verilerin sistemli bir şekilde girilmesi.

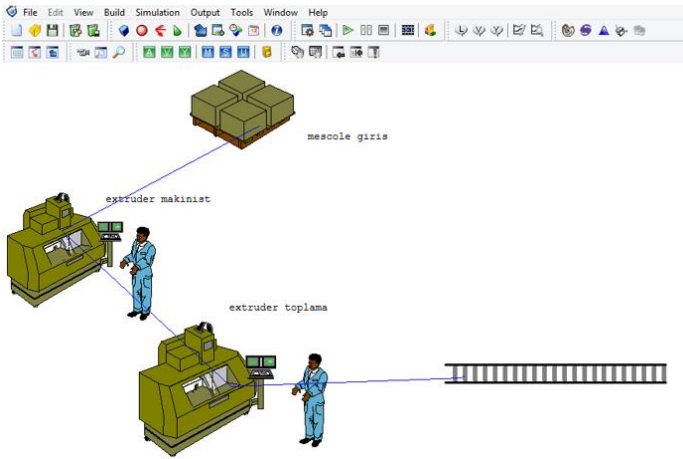


- Duruşlar, operatörlerin duruşları üretim takip sistemine girmesiyle sisteme kaydedildiği için operatörlerin bu sistemi daha aktif bir şekilde kullanmaya teşvik edilmesi.
- Makede çalışan operatörlerin 2 vardiyada üçer kişi olarak çalıştırılması.

İyileştirme önerilerinin hayata geçirilmesinin ardından hedef %65'lik bir TEE oranına ulaşmaktır. İlk üç öneri işletmeye herhangi bir maliyet oluşturmayacağından doğrudan kabul edilmiştir. Ancak son öneri firmadaki vardiya düzenini değiştireceğinden yöneticiler tarafından sonuçların öngörülmesi istenmiştir. Bu nedenle mevcut ve önerilen metot için simülasyon modelleri hazırlanmıştır.

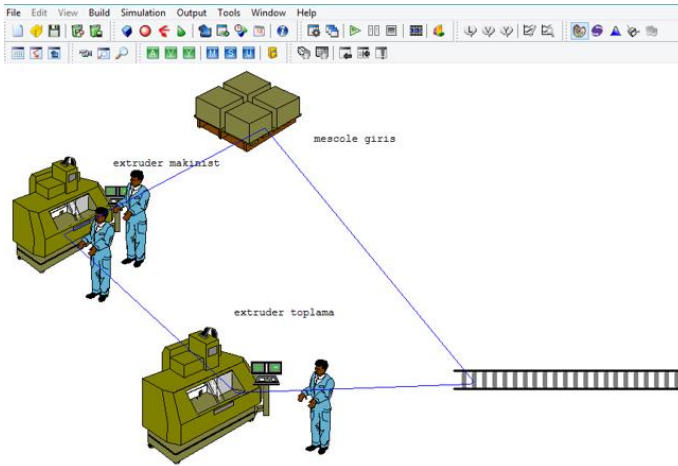
#### 4.2. Simülasyon Modellerinin Hazırlanması

Mevcut ve önerilen yöntem için Promodel paket programından faydalanılarak simülasyon modelleri hazırlanmıştır. Şekil 2'de mevcut duruma göre oluşturulan simülasyon modelinin bir bölümü gösterilmiştir. Modele göre mescole giriş kısmında bekleyen hammadde operatör tarafından işleme alınır ve bir dizi işlemin ardından toplama kısmına gider. Son olarak buradan stok alanına yönlendirilir. Malzeme alım süreleri "Lognormal" dağılıma uygun olduğundan modele bu şekilde tanıtılmıştır.



Şekil 2. Mevcut Metoda Dair Simülasyon Modeli

Önerilen metoda göre bir vardiyada makine yemek/çay molası için toplamda 60 dakika durmak durumunda kalmayacak böylece hem çalışma süresi artacak hem de yemek/çay molalarından sonra makede boşa akan mescolenin temizlenerek ıskartaya çıkarılmasının önüne geçilecektir. Aynı zamanda makine 3 operatör ile çalışırken daha fazla üretim yapılmış olacağından makinenin 1 vardiya boş kalmasına rağmen üretimin ihtiyacının karşılanmaya devam edeceği düşünülmektedir. Şekil 3'te önerilen metoda ait simülasyon modelinin bir bölümü gösterilmiştir.



Şekil 3. Önerilen Metoda Dair Modelin Ekran Görüntüsü

Tablo 5'te simülasyon modellerinin performans değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 5'e göre modeldeki yer imlerinin meşgul edilme ve operasyon oranlarında artış, boş kalma oranlarında ise azalış olduğu görülmektedir. Özellikle operasyon oranının %72,34'ten %95,40'a yükselmesi önerilen modelin uygulamaya değer olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Simülasyon Modellerinin Performans Değerlerinin Karşılaştırılması

Performans Göstergesi	Mevcut Durum	Önerilen Durum
Meşgul Edilme Oranı	%38,48	%66,00
Boş Kalma Oranı	%27,60	%4,60
Operasyon Oranı	%72,34	%95,40

### 4.3. Önerilen Durum Analizi

#### 4.3.1.Önerilen Durumda Makinedeki İşleyiş

Makinede önerilen iyileştirme uygulandığı takdirde son durumda oluşacak çalışma düzeni Tablo 6'da verilmiştir. Önerilen metoda göre makinenin 6 operatörü ikişer kişi olarak 3 vardiyaya değil üçer kişi olarak iki vardiyada çalışacaktır. Böylece hem makinenin bir vardiyada 60 dakika boyunca boş kalması önlenecek hem de ıskarta miktarı azaltılmış olacaktır. Bu düzende operatörler üçer kişi olarak cumartesi ve pazar günleri hafta tatili kullanmış olacaklardır. Aynı zamanda makine, 00.00-08.00 vardiyasında sürekli duruyor olacağından bakım, temizlik gibi makinenin durdurulmasını gerektiren faaliyetler için de zaman yaratılmış olacaktır.

Tablo 6. Önerilen Durumda Makinedeki Gün-Vardiya Düzeni

Vardiya	Günler		
	1.Vardiya (00.00-08.00)	2.Vardiya (08.00-16.00)	3.Vardiya (16.00-00.00)
Pazartesi	Çalışma yok	3 operatör	3 operatör
Salı	Çalışma yok	3 operatör	3 operatör
Çarşamba	Çalışma yok	3 operatör	3 operatör
Perşembe	Çalışma yok	3 operatör	3 operatör
Cuma	Çalışma yok	3 operatör	3 operatör
Cumartesi	Çalışma yok	Çalışma yok	3 operatör
Pazar	Çalışma yok	3 operatör	Çalışma yok

### 4.3.2.Önerilen Durumda TEE Değerleri

Önerilen metotta 60 dakikalık boş kalma süresi elimine edildiği için kullanılabilirlik oranı artacaktır. Denklem 2'ye göre “kullanılabilirlik” değeri %88,54 olarak hesaplanmıştır. “Performans” bileşeninin hesaplanabilmesi için bir önceki ile aynı koşullarda olacak şekilde zaman etüdü çalışması tekrarlanmıştır. Sonuç olarak bir yanak bobini için standart zaman **15,6** dakika olarak hesaplanmıştır. Zaman etüdünden elde edilen verilere göre makinede 3 operatörün çalışması durumunda bir vardiyada üretilmesi gereken parça sayısı toplam 28 bobin olarak belirlenmiştir. Gözlemlere göre ise bir vardiyada ortalama 25 bobin üretilmekte ve bu bobinlerden ortalama olarak 21,75'i hatasız üretilmektedir. Bu bağlamda Denklem 3'e göre “performans” bileşeni %89,28; Denklem 4'e göre “kalite” bileşeni %87 olarak hesaplanmıştır. Denklem 1'e göre ise mevcut durumda TEE değeri %68,77 olarak hesaplanmıştır.

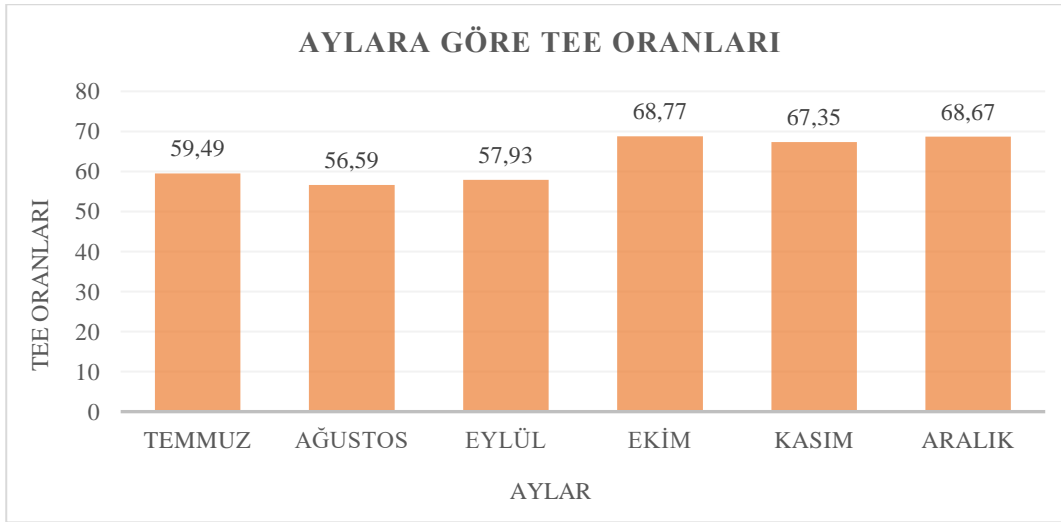
### 4.4. TEE ve Bileşenlerinin Aylara Göre Analizi

Tablo 7'de üç vardiya düzeninde çalışılan Temmuz, Ağustos ve Eylül 2020 ayları ile iki vardiya düzenine geçilmesinden sonra Ekim, Kasım ve Aralık 2020 ayları için hesaplanan TEE bileşenleri değerleri gösterilmiştir. Önerilen iyileştirmelerin hayata geçirildiği Ekim ayından itibaren her üç bileşende de anlamlı iyileşmeler tespit edilmiştir.

**Tablo 7:** Aylara Göre TEE Bileşenlerinin Değerleri

Zaman	Kullanılabilirlik	Performans	Kalite
<b>Temmuz 2020</b>	%85,27	%87,39	%79,84
<b>Ağustos 2020</b>	%84,47	%87,36	%76,70
<b>Eylül 2020</b>	%86,90	%88,88	%75,00
<b>Ekim 2020</b>	%88,54	%89,28	%87,00
<b>Kasım 2020</b>	%89,79	%85,24	%88,00
<b>Aralık 2020</b>	%88,67	%90,18	%85,89

Şekil 4'te kullanılabilirlik, performans ve kalite bileşenlerindeki artışın TEE oranlarına nasıl yansıdığı gösterilmiştir. Şekil 4'e göre makine, “düşük” olarak isimlendirilen %60'lık oranın altında bir TEE oranına sahipken; vardiya düzenin değiştirilmesinden sonra bu oran aşılmış ve “tipik” TEE oranına ulaşılmıştır. Bu sayede firma tarafından belirlenen %65'lik TEE hedefine ulaşılmış ve yeni hedefini %75 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.** Aylara Göre TEE Oranları

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmeler için önemi giderek artan bir kavram olan TEE, doğru uygulandığı takdirde işletmelerin rekabet güçlerini korumalarına katkı sağlayacaktır. Ancak sadece değerlerin hesaplanması değil, sonuçların analiz edilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması da çok kritiktir. Çalışmada, lastik imalatı yapan bir işletmenin yarı mamul hazırlık sürecinde yer alan bir makinede zaman etüdü yöntemiyle standart zaman hesaplamaları yapılmış, ardından mevcut durumdaki TEE değeri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, mevcut durumdaki TEE oranının istenen düzeyde olmadığı tespit edildiği için bu durumun sebepleri analiz edilmiş ve iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Vardiya düzeni ile ilgili iyileştirme önerisinin sonuçlarını görmek amacıyla mevcut ve önerilen duruma ait simülasyon modelleri hazırlanmıştır. İki modelin performans değerleri karşılaştırılarak iyileşme olduğu kaydedilmiş ve önerinin hayata geçirilmesine karar verilmiştir. Son durum için TEE değerleri yeniden hesaplanmış ve ilk duruma göre (Eylül 2020) %10,84'lük bir artış (Ekim 2020) gözlemlenmiştir. İşletme 60 dakikalık planlı süre kazanmanın yanı sıra kullanılabilirlik bileşeni açısından %1,64, performans bileşeni açısından %0,4 ve kalite bileşeni açısından %12'lik bir iyileşme sağlamıştır. Bu noktada, kalite bileşenindeki bu kaydadeğer yükselmeye ıskarta oranlarının azalmasının etkisinin büyük olduğunu söylemek mümkündür. İşletme %75'lik yeni bir hedef ile iyileştirme çalışmalarına devam edecektir. Sonuç olarak, bu çalışmada gerçek bir problem ele alınmış ve işletmenin TEE oranlarını iyileştirmek adına gerçekleştirilen iyileştirmelerin olumlu sonuçları gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Acar, Ö. E., ve Çakırkaya, M. (2018). Bir Üretim Hattında Toplam Ekipman Etkinliğinin Ölçülmesi ve Geliştirilmesi Üzerine Bir Uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(24), 217-224.
- Çelik, H. (2019). 5S Metodolojisinin SMED Uygulamasına ve Toplam Ekipman Etkinliğine Etkisi. *Yorum Yönetim Yöntem Uluslararası Yönetim Ekonomi ve Felsefe Dergisi*, 7(2), 95-110.
- Çelik, H. (2020). Ekipman Etkinliğine Farklı Bir Yaklaşım: Genel Operasyon Etkinliği. *Verimlilik Dergisi*, 4, 25-40.
- Çelik, H. (2020). Süreç Hatalarının Önlenmesi ile Toplam Ekipman Etkinliğinin Arttırılması: POKA YOKE Metodolojisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 544-565.

- Görener, A. (2012). Toplam Verimli Bakım ve Ekipman Etkinliği: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2(1), 15-20.
- Kanawaty, G. (2004). İş Etüdü, 6.basım, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları/ ILO:29, Ankara.
- Koçak, A. (2016). İmalat Süreçlerinde Kullanılan Performans Ölçütleri Üzerine Bir Literatür Araştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3), 160-185.
- Küçükönder, M., ve Uçar, M. (2015). Üretim Etkinliğinde Simülasyon. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 117-126.
- Malkoçoğlu, A., Çakmak, A., ve Üçüncü, K. (2013). Mobilya Üretiminde Ahşap Levha Kesim Planlarına Ait Bir Zaman Etüdü Araştırması. *Politeknik Dergisi*, 16(2), 57-68.
- Maraşlı, H., ve Kemahlı, H. (2013). Yalın Üretim Bazlı Üretim İzleme ve İyileştirme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(2), 45-64.
- Nakajima S. (1988). Introduction To TPM, Productivity Press, A.B.D.
- Özkan, F., Ada, E. C., ve Genlik, S. (2019). Toplam Ekipman Etkinliğinin İyileştirilmesinde TRIZ Kullanımı: Bir Uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 2, 169-184.
- Özveri, O., Kabak, M., ve Keleş, Ç. (2016). Different OEE Approaches Analysis Of Applicability In Printing Sector. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25, 264-277.
- Pintelon, L., ve Muchiri, P. (2006). Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review and Practical Application Discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 2278-1684.
- Temiz, İ., Atasoy, E., ve Sucu, A. (2010). Toplam Ekipman Etkinliği ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 49-60.
- Vijayakumar, S.R., ve Gajendran, S. (2014). Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in Injection Moulding Process Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2(10), 47-60.
- Wang F. K., ve Lee W. (2001). Learning Curve Analysis in Total Productive Maintenance. *The International Journal of Management Science*, 29(6), 491-499.
- Yaşın, M. F., ve Daş, G. S. (2017). KOBİ'lerde Ekipman Etkinliğinin İyileştirilmesinde TEE Tabanlı Yeni Bir Yaklaşım: Bir Ahşap İşleme Kuruluşunda Uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1(32), 45-52.