

TOPLAM VERİMLİ BAKIM (TPM) KAPSAMINDA TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ (OEE) ANALİZİ İÇİN BİR BİLGİ SİSTEMİ ÖNERİSİ

Diyar Meriç¹, Ebru Cinkılıç², Şafak Kırış³

ÖZ

Bu çalışma, işletmelerdeki üretim sürecinde Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) hesaplanması üzerine yapılan bir araştırmayı kapsamaktadır. Araştırmanın amacı, OEE analizi yapılarak mevcut performansı olumsuz etkileyen kök sebeplerin belirlenmesi ve iyileştirmelerin yapılmasıdır. OEE, bir TPM (Toplam Verimli Bakım) yöntemi olan ve üretim sürecinin etkinlik ölçümü için kullanılan bir analizdir. Bu çalışmada, OEE analizi kullanılarak işletmenin üretim sürecindeki etkinliği ölçülmüş ve bir bilgi sistemi önerilmiştir. Önerilen sistem plastik sanayi ve inşaat sektöründe uygulanmış ve OEE değeri %80,34 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunda, verimliliği düşüren başlıca faktörlerin plansız duruşlar ve hatalı ürün sayısının fazlalığı olduğu tespit edilmiştir. Önerilen bilgi sistemi sayesinde OEE analizi sürekli olarak takip edilebilecek ve verimlilik düşüşleri hızlı bir şekilde tespit edilip önlemler alınabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Toplam Verimli Bakım, Toplam Ekipman Etkinliği, Bilgi Sistemi

Jel Kodları: D20, D24, L86

A KNOWLEDGE SYSTEM PROPOSAL FOR OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) ANALYSIS IN THE SCOPE OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

ABSTRACT

This study covers a research on the calculation of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in the production process in firms. The purpose of the research is to determine the root causes that negatively affect the current performance by performing OEE analysis and to make improvements. OEE is an analysis that is a TPM (Total Productive Maintenance) method and is used to measure the efficiency of the manufacturing process. In this study, the efficiency of the enterprise in the production process was measured using OEE analysis and a knowledge system was proposed. The proposed system was applied in the plastic industry and construction sector and the OEE value was calculated as 80.34%. As a result of the analysis, it was determined that the main factors that reduce productivity were unplanned downtimes and the high number of faulty products. OEE analysis can be continuously monitored and productivity decreases can be quickly detected and precautions can be taken by the proposed knowledge system.

Keywords: Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Knowledge System

JEL Codes: D20, D24, L86

¹ Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye, diyarmericc@gmail.com, ORCID: 0009-0006-2579-6975

² Lisans Öğrencisi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye, ebrucnkcl.07@gmail.com, ORCID: 0009-0000-2731-5246

³ Prof., Dr., Şafak Kırış, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye, safak.kiris@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7041-4722

1. GİRİŞ

Günümüz rekabet koşullarında hızla değişmekte teknoloji sayesinde işletmelerin rekabet ortamında daha iyi yer edinebilmelerinin en önemli yollarından biri doğru yerde ve zamanda makine ve ekipman verimliliğini ve etkinliğini en yüksek düzeyde kullanılabilmekten geçmektedir. Bu koşullar altında işletmelerin istediği hedefe ulaşabilmesi için makine ve ekipman verimliliğini arttırabilmek için çeşitli çalışmalar yapması gerekmektedir. Bu nedenle makine ve ekipmanların verimli veya etkin kullanılıp kullanılmadığını tespit etmek, kayba yol açan etkenleri bulabilmek ve mevcut durumun analizini yapabilmek amacıyla Toplam Verimli Bakım (TPM) faaliyetleri kapsamında ekipman etkinliği analizleri kullanılabilir. Toplam ekipman etkinliği makine ve ekipman kullanılabilirliğini, performansını ve bu makine ve ekipmanlardan çıkan çıktılarının kalite oranlarını ele alarak hesaplanmaktadır.

İşletmeler yaptıkları Toplam Ekipman Etkinliği analizleriyle makine ve ekipmanlarının etkinliklerini hesaplayabilmektedirler. Bu hesaplamaları yaptıktan sonra sonucu toplam ekipman etkinliğinin dünya standart değeriyle karşılaştırılıp verimliliği düşüren kök sebepleri bulup iyileştirmeler yapabilirler.

Bu çalışmada, ilk olarak Toplam Verimli Bakım ve Toplam Ekipman Etkinliği kavramlarıyla ilgili literatür taraması yapılmış, ardından Toplam Verimli Bakım ve Toplam Ekipman Etkinliği kavramları açıklanmış, uygulama aşamasında ise bir bilgi sistemi önerilerek plastik ve inşaat sanayi sektöründe çalışan bir işletme için etkinlik hesaplamaları yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, Toplam Verimli Bakım (TPM) ve Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) ile ilgili son dönemlerde (2014-2023) gerçekleşen bazı çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. TPM ve OEE ile İlgili Literatür Özeti

YAZAR	YIL	AMAÇ VE YÖNTEM
Polat	2014	Toplam ekipman etkinliği (OEE) kullanımı ile elektrik enerji tasarrufu üzerine bir tez çalışması yapmış ve üretim verimliliği, uygulanan işletmede %30 artmıştır.
Daçe	2015	Toplam Verimli Bakım kapsamında Toplam Ekipman Etkinliği uygulamasını yapmış ve %57,45 OEE değeri ekipmanların etkin olarak kullanılabilirdiğini göstermiştir.
Özveri, Kabak ve Keleş	2016	İki farklı OEE yaklaşımlarının matbaa sektöründe uygulanabilirliği analizini yapmışlar ve çalışma sonucunda iki farklı OEE yaklaşımın matbaa sektöründe uygulanabilirliğine ilişkin değerlendirme yapmışlardır.
Jugderragchaa	2017	TPM anlayışı kapsamında gerçekleştirilen OEE analizlerini depolama tank üretimi yapan bir imalat işletmesinde uygulamıştır.
Yaşın ve Daş	2017	KOBİ’ler iyileştirme çalışmalarına zaman ve kaynak ayıramadıkları için ve OEE analizinin değişiklik göstermesi nedeniyle toplam ekipman etkinliği tabanlı yeni bir yöntemi KOBİ olan bir ahşap işleme kuruluşuna önermişlerdir.

Tablo 1. Devamı

Acar ve Çakırkaya	2018	Bir üretim yapan işletmede Toplam Ekipman Etkinliği değerini hesaplamışlar. Yapılan çalışma da sonuç olarak makine duruş sürelerinin yeteri kadar düşük olmadığı sonucuna varmışlardır ve iyileştirme çalışmaları yapmışlardır.
Ersöz, Öztürk ve Gürel	2018	TPM uygulaması ile etkinliğinin ve verimliliğinin artırılması için OEE analizi yöntemini kullanmışlar. Ayrıca OEE değerlerini hesaplayan bir takip sistemi kurmuşlardır.
Çelik	2019	Ayar sürelerinin iyileştirilmesi için 5S ve SMED metodolojileri birlikte uygulamış ve 5S uygulamasının ekipman etkinliğine olan etkisini değerlendirmiştir.
Gür	2019	Toplam ekipman etkinliği kullanılarak hat verimliliklerini belirlemiştir. Daha sonra, mevcut ve iyileştirilmiş kapasiteleri dikkate alan bir matematik programlama modeli önermiştir.
Sarı	2019	Makinelerin performanslarının Tercih Seçim Endeksi yöntemi ile ölçülmesi ve OEE değeri ile karşılaştırıp makine performansı değerlendirmesini OEE'den farklı kriterleri de göz önünde bulunduran modelleri uygulamanın faydalı olacağı sonucuna varmıştır.
Özkan, Ada ve Genlik	2019	Yapılan çalışmada bir işletmede belirli bir dönem aralığındaki ortalama toplam ekipman etkinliği hesaplanmıştır. Sonuçlar dünya standartları ile karşılaştırılmış ve değerin dünya standartlarına yaklaşması için TRIZ yöntemi kullanılmıştır.
Çelik	2020	Toplam ekipman etkinliği hesaplanmasında planlı duruş süresinin önemli olduğunu belirterek toplam ekipman etkinliği hesaplanmasında farklı bir yaklaşım belirlemiştir. Bu yaklaşımı OOE (Genel Operasyon Etkinliği) olarak tanımlamıştır. Her iki yaklaşımı karşılaştırarak Genel Operasyon Etkinliğini % 6,17 daha düşük hesaplamıştır.
Yenice	2021	Bir firmada kâğıt formlarla veri toplama ile makinelerin PLC sistemlerine bağlanarak otomatik veri toplama imkânı sağlayan yazılımla veri toplama işlemlerinin, OEE değeriyle alt bileşenlerini hesaplamada farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi ve hangi yöntemin daha iyi olduğunun tespit edilmesi yönünde bir çalışma yapmıştır.
Sarı	2021	TPM ile önerilen uygulamalar, pillar faaliyetler başlığı altında gerçekleştirilmektedir. TPM ayağı olan Güvenlik (S) ayağı TPM uygulamaları sırasında iş kazaları ve olası durumları ele almaktadır. Entropi ağırlıklı bulanık tabanlı FMEA yöntemi kullanılmıştır.
Dobra ve Jósvai	2021	Makalede, hibrit analizini kullanarak göstergeyi artırmanın bir yolunu sunmuş.
Hatipoğlu ve Akar	2022	Çalışmada, bir işletmede yeni ve kullanılabilir genel ekipman verimliliği önerilmiş ve genel ekipman verimliliği, toplam efektif ekipman performansı ve önerilen genel ekipman verimliliği uygulayıp sonuçları karşılaştırmışlardır.
Ingaldi ve Tatar	2022	Bu makalede, OEE katsayı analizi (Genel Ekipman Etkinliği) tarafından desteklenen değer akışı eşleme analizinin sonuçlarını sunmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda KOBİ'lerde tek üretim operasyonunun kısmen dijitalleşmesinin sürecin seyrine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Diyar Meriç
Ebru Cinkılıç
Prof. Dr. Şafak Kırış
Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Gönderim Tarihi (Date of Submission): 20 Eylül 2023
Makale Kabul Tarihi (Date of Acceptance): 17 Aralık 2023

DOI: 10.17339/ejovoc.1363082

Ginste, Aghezzaf ve Cottyn	2022	Amacı Genel Ekipman Verimliliği (OEE) odaklı süreç iyileştirmede ekipman esnekliğinin rolüdür. Bu makale kitlesel özelleştirme paradigmasını kolaylaştırmak ve dayanıklı bir imalat sistemine doğru sürekli gelişmeye çalışmak için ekipman etkinliğinin ölçümünde esnekliğin önemini vurgulamıştır.
Mendonça, Francisco ve Rabelo	2022	Bu çalışma, Özel Tasarım Ürünler için Esnek ve Otonom Üretim Sistemleri - FASTEN projesinde uygulanmıştır. Üretim birimlerinde yapılan işlerin sonuçlarını izlemek ve analiz etmek için endüstri 4.0 ile ilgili teknolojilerin ve OEE gibi metodolojilerin kullanılması, kuruluşların stratejik, taktik ve operasyonel açıdan kararlar almasına yardımcı olmuştur.
Kök ve Yıldız	2023	Toplam ekipman etkinliği analizini otomotiv yan sanayi sektöründe sızdırmazlık elemanları üretimini yapan bir işletmeye uygulamışlar. Çalışmanın amacı darboğaz oluşumuna sebep olan sorunları bulabilmektir.

3. YÖNTEM

3.1. Toplam Verimli Bakım

TPM, tüm üretim ve bakım süreçlerinin içerisinde, çalışanların tamamının aktif olması gereken, otonom bakımı benimseyen, ekipman etkinliğini optimum düzeye getirmeyi hedefleyen, arızaları onarmaya değil de önlemeye yönelik bir bakım yaklaşımıdır (Anonim 2022a). İşletmede bulunan üretim ve bakım süreçlerini içeren departmanlar tarafından uygulanır.

Japon endüstriyel üretimin kalkınmasında araç olarak kullanılan bu sistem daha da geliştirilmiş ve 1990'lı yıllardan sonra "Toplam Üretken Yönetim" (Total Productive Management) adını almıştır. Japonya'da TPM'yi ilk uygulayan ve tanıtan Nippon Denso firmasıdır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda "PM Excelent Plant Award" ödülünü almıştır. Japonya'dan tüm dünyaya yayılan bu sistem özellikle Toyota grubunda başarıyla uygulanmıştır (Görener 2012).

3.1.1. TPM'nin Ana Hedefleri

TPM yöntemi "kurumlarda misyon ve vizyon" yaratma görüşü; verimliliğin, bakım kalitesinin, küçük grup çalışmalarının, iyileştirilme önerilerinin, teknik eğitiminin ve ürün kalitesinin maksimize edilmesi; hatasız, kayıpsız, stoksuz, arızasız, sıfır ıskarta, sıfır iş kazasıyla kurumlarda misyon ve vizyon sağlanmasıdır (Anonim 2022b).

Bu kültüre ulaşım sağlanması için konulan hedefleri oluşturan başlıkların bazıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ana Hedef Tablosu

	<i>Tanım</i>	<i>Birim</i>
<i>P- Verimlilik (Productivity)</i>	1-Verimlilik 2-OEE 3-Üretim kapasitesi 4-Üretim adedi 5-Kişi başına düşen üretim adedi	Adam * Saat/Üretim Ad. Ad. % Birim* 1000 Adet Üretim Ad./Kişi
<i>Q- Kalite (Quality)</i>	1-Satış sonrası arıza oranı 2-Rework 3-Hurda	% % %
<i>C- Maliyet (Cost)</i>	1-İmalat maliyeti 2-Enerji maliyeti (elektrik, su, doğal gaz, motorin) 3-Bakım Maliyeti	% Kwh, M3/Üretim Ad. Euro/Üretim Ad.
<i>D- Dağıtım (Delivery)</i>	1-Pazara sunma süresi 2-Ürün stok süresi 3-Yarı mamul stok süresi 4-Hammadde stok süresi	Hafta Gün Gün Gün
<i>SHE- İş Güvenliği ve Çevre</i>	1-İş kazası adedi 2-Ürün başına bertaraf edilen atık miktarı 3-Atık maliyeti (Euro/ürün)	Kaza ad /Milyon saat Kg/Üretim Ad. Euro/Üretim Ad.
<i>Moral (Morale)</i>	1-Öneri adedi 2-Kaizen adedi 3-Nokta dersi adedi 4-Eğitim saati (kişi başına düşen) 5-Eğitmen oranı (mavi yaka)	Adet Adet Adet Saat %

Kaynak: (Anonim, 2022b)

3.1.2. TPM 8 Sütunları

TPM amaçları doğrultusunda belirlemesi gereken 8 sütun aktivitesi vardır.

- 1. Otonom Bakım:** Otonom bakım, birçok sanayi dalında uygulanan bir bakım türüdür. Bu bakım türü, makinelerin doğru ve zamanında bakımı ile makinelerin performansı artırılırken, arıza ve duruş süreleri de minimize edilir. Bu da üretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesine olanak sağlar.
- 2. Kobetsu Kaizen:** Kobetsu Kaizen, işletmelerde sürekli iyileştirmeyi hedefler. Ekip üyeleri, belirli bir problemi tanımlar ve ardından adım adım çözüm için planlar yaparlar. Bu planlama sürecinde, veriler analiz edilir, kök nedenler belirlenir ve çözüm önerileri geliştirilir. Sonrasında, bu öneriler uygulanır ve sonuçların izlenmesi sağlanır.

- 3. Planlı Bakım:** Planlı Bakım, bakım departmanının etkin bakım yönetimini sağlamak amacıyla önleyici bakım (periyodik-kestirimci bakım-revizyon), düzeltici bakım ve bakım önleme çalışmalarını içeren bir sistemdir. Bakım ekipleri, planlı bakım çerçevesinde, ekipmanların sürekli olarak çalışmasını ve performansını iyileştirmek için önceden belirlenmiş periyotlarda bakım faaliyetlerini gerçekleştirirler.
- 4. Kalite Bakım:** Kalite Bakımı, iç ve dış kalite kayıplarını en aza indirmeyi hedefleyen bir dizi faaliyeti içerir. Bu faaliyetler, ürünlerde oluşabilecek hataların kusur haline dönüşmeden önce anormallik seviyesinde tespit edilmesini ve çözüm bulunmasını amaçlar. Kalite Bakımı, üretim sürecindeki her aşamada kalite standartlarının karşılanmasını sağlamak için titizlikle uygulanan bir yaklaşımdır.
- 5. Eğitim:** Eğitim, fabrikanın başarılı bir şekilde faaliyet gösterebilmesi ve TPM (Toplam Üretken Bakım) uygulamalarına katkıda bulunabilmesi için oldukça önemli bir unsurdur. Fabrikada, temel eğitim politikası belirlenir ve çalışanların becerilerini artırmak amacıyla iş başı eğitimleri ve dışarıdan alınan eğitimler sağlanır. Bu şekilde, tüm çalışanlar gerekli bilgi ve becerilere sahip olurlar ve TPM'nin başarılı bir şekilde uygulanmasına katkıda bulunurlar.
- 6. Ofis TPM:** Ofis TPM (Toplam Verimli Bakım), endirekt (dolaylı) iş süreçlerindeki israfı ortadan kaldırmayı ve akışın sağlanmasını hedefleyen bir yaklaşımdır. Ofis ortamında, otonom bakım uygulamalarıyla iş süreçlerinin devamlılığı ve verimliliği sağlanırken, kobetsu kaizenler ile süreçlerde iyileştirmeler gerçekleştirilir.
- 7. Güvenlik ve Çevre:** Güvenlik ve Çevre, TPM'nin en önemli hedeflerinden biri olan "sıfır iş kazası"na ulaşmayı amaçlar. İşletmeler, çalışanların güvenliğini sağlamak için çeşitli önlemler alır ve iş kazalarının önlenmesi için sürekli iyileştirmeler yapar. Bu kapsamda, risk analizleri yapılır, güvenlik eğitimleri düzenlenir ve güvenlik prosedürleri uygulanır. Güvenlik ve Çevre aynı zamanda fabrika atıklarının çevreye zarar vermesini engellemeyi hedefler.
- 8. Erken Ekipman/Ürün Yönetimi:** Erken Ekipman/Ürün Yönetimi, bakım gerektirmeyen makinelerin kullanılmasını sağlayarak işletmelere avantajlar sunar. Geçmiş deneyimlerin bir araya getirildiği ortak bir bilgi bankası, yeni makine satın alımlarında önemli bir kaynak haline gelir. Bu bilgiler, olumlu ve olumsuz tecrübeleri içerir ve gelecekteki seçimlerde rehberlik eder. Aynı konsept, yeni ürün geliştirmede de kullanılır. Bu sayede, bakım yönetimi gelecekte çok daha kolay bir hale gelir ve işletmelerin verimliliği artar (Anonim 2022c).

3.1.3. Üretimde Kayıplar

TPM, işletmelerdeki verimsizlikleri ve kayıpları azaltarak, Toplam Ekipman Etkinliğini artırmayı amaçlayan bir yönetim yaklaşımıdır. Bu kapsamda fabrikalarda, belirlenmiş ve gruplandırılmış kayıpları ölçmek, çözüm üretmek, uygulamak ve çözümleri gerçekleştiren çalışanları bilerek ödüllendirmek oldukça önemlidir. Bu sayede, işletmeler daha verimli bir üretim süreci elde ederken, çalışanların motivasyonu ve performansı da artmaktadır.

Kayıplarla etkin bir şekilde mücadele etmek için öncelikle hangi alanlarda ve kayıpların neden oluştuğunu belirlemek önemlidir. Bu tespiti yapabilmek için TPM içerisinde belirli sınıflandırmalar ve gruplamalar oluşturulmuştur. TPM, kayıpları "16 Muda" olarak adlandırılan 16 farklı grup altında tanımlar. Bu gruplar içinde yer alan kayıplar, ardışık olarak gerçekleştirilebilecek bir dizi küçük iyileştirmeler (Kaizen'ler) ile bilinçli bir şekilde yönetilebilirse, önemli ölçüde iyileşme, üretkenlik artışı ve maliyet düşüşleri elde etmek mümkün olur. İşletmelerin kendi sistemine bağlı olarak bu sayı değişebilmektedir.

Tablo 3. TPM Felsefesinin Temelindeki 16 Büyük Kayıp

<i>TPM 16 Büyük Kayıp</i>	
1. Arıza 2. Set-Up Ayan (Model Değişimi) 3. Takım /Bıçak Değişimi 4. Başlangıç-Bitiş 5. Küçük Duruş ve Boşta Bekleme 6. Hız 7. Hatalı Üretim ve Rework 8. Kapatma	<i>EKİPMAN ETKİNLİĞİNİ ETKİLEYEN 8 KAYIP</i>
1. Yönetim 2. Üretim hareket 3. Hat organizasyon 4. Lojistik 5. Ölçme ve ayar	<i>İŞ GÜCÜ ETKİNLİĞİNİ ETKİLEYEN 5 KAYIP</i>
1. Enerji 2. Ürün/Malzeme 3. Ekipman (jig, kalp, el aleti vb.)	<i>MADDE VE ENERJİNİN AKTİFLİĞİNİ ETKİLEYEN 3 KAYIP</i>
1.Hatalı Kontrol Noktası 2.Bakım Gideri Fazlalığı 3.Tertip-Düzen Temizlik Yetersizliği 4.Çevre-İş Güvenliği Yetersizliği	<i>DİĞER KAYIPLAR</i>

İşletmeler, üretkenliklerini artırmak ve süreçlerini sıfır hata ile tamamlamak için 16 kaybı tamamen ortadan kaldırmalıdır.

3.2. Toplam Ekipman Etkinliği

Toplam Ekipman Etkinliği, İngilizcede “Overall Equipment Effectiveness” olarak geçmektedir ve kısaltılması OEE’dir. Türkçeye “Toplam Ekipman Etkinliği” olarak çevrilmiştir. TPM uygulamalarının başarılı olması için kilit rolde olan Toplam Ekipman Etkinliği, makine ve ekipman kullanım verimliliğini ölçen çok önemli bir parametredir (Temiz vd. 2010). OEE işletmedeki kayıplara odaklanır ve işletmelerin verimlilik oranlarının yükseltmeyi amaçlamaktadır.

OEE, Seiichi Nakajima tarafından 1970’lerde geliştirilmiştir. Makinelerin ve ekipmanların ne kadar etkin kullanıldığını gösterir ve etkinlik kaybına yol açan sorunların neyden kaynaklandığını göstererek hangi kök sebebe odaklanması gerektiğini de göstermektedir. İşletmelerden toplanan veriler ile OEE analizi yapıp hesaplandığında ve bu hesaplamalar detaylı olarak incelendiğinde ise hangi kök sebebe odaklanması gereken iyileştirme konularının belirlenmesi daha kolay olmaktadır.

Toplam ekipman verimliliğinin dikkate aldığı etkinliği yüksek üretim için gerekli olanlar; ekipmanın planlanan üretim süresi boyunca çalışması, ekipmanın beklenen hızda üretmesi, spesifikasyonlara göre parçaların üretilmesi (Becker vd. 2015). Eğer üretim bu şartlar altında değilse makine ve ekipmanlarda altı büyük kayıp olarak bilinen sorunlar vardır. Bu sorunlar direkt olarak üretime etki etmektedir ve verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır (Acar ve Çakırkaya 2018).

3.2.1. Altı Büyük Kayıp

TPM’nin amacı OEE analizleri yaparak altı büyük kaybı azaltmaya çalışarak veya ortadan kaldırarak makine ve ekipman verimliliklerinin artırılmasını sağlamaktır. Bu kayıplar üretim esnasında verimliliğin düşmesine sebep olur. Tablo 4’de 6 büyük kaybın OEE için hangi kayıpları ifade edildiği gösterilmiştir.

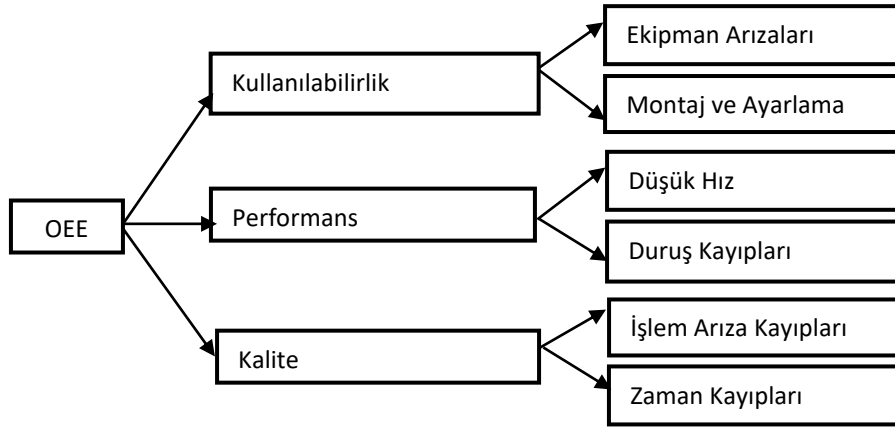
Tablo 4. 6 Büyük Kayıp OEE İçin Kayıp

<i>6 Büyük Kayıp</i>	<i>OEE için Kayıp</i>
Arıza	Duruş Kaybı
Hazırlık ve düzeltmeler	
Küçük Duruş	Hız Kaybı
Yavaş Çalışma	
Ayar, Hazırlanma firesi	Kalite Kaybı
Üretim Firesi	

Kaynak: (Alkan 2015,6)

TPM uygulamalarında kilit nokta Toplam Ekipman Etkinliğidir. Toplam Ekipman Etkinliği makine ve ekipmanların ne kadar verimli kullanıldığını ve oluşan kayıpların nereden kaynaklandığını gösterir ve bunun sonucunda da iyileştirme olacak noktalar belirlenir.

Şekil 1’de OEE’nin altı büyük kayıp ile ilişkisi gösterilmiştir. Ekipman arızası, montaj ve ayarlardan oluşan kayıplar toplam ekipman etkinliğinde kullanılabilirlik oranını etkilemektedir. Düşük hız ve duruş kayıpları toplam ekipman etkinliğinde performans oranını etkilemektedir. İşlem arıza kayıpları ve zaman kaybı ise toplam ekipman etkinliğinde kalite oranını etkilemektedir.



Şekil 1. Altı Büyük Kayıp ile İlişkisi

Kaynak: (Acar ve Çakırkaya 2018)

3.2.2. OEE Hesaplaması

OEE’nin 3 tane bileşeni vardır. Bunlar kullanılabilirlik, performans ve kalitedir. Bu üç bileşenin birbiriyle çarpılması sonucunda OEE hesaplanmaktadır ve OEE yüzde olarak ifade edilmektedir.

OEE hesaplaması formülü içerisindeki verilerin sonuçlarını bulabilmek için kullanılan farklı veriler vardır.

Kullanılabilirlik oranı hesaplanması için gereken veriler;

İşletme çalışma süresi: Bir iş günündeki makine veya ekipmanın aralıksız toplam çalıştığı süreyi ifade eder.

Planlı Duruşlar: Molalar ve planlanan bakım çalışmalarını ifade eder.

Net çalışma süresi: Brüt kullanılabilir süresinden planlı duruşların çıkartılmasıyla elde edilir.

Duruş Kayıpları: Çalışma süresi içindeki zaman kayıplarıdır. Plansız duruşlar da denilebilir.

Toplam çalışma Süresi: Net çalışma süresinden gerçekleşen duruş kayıpları çıkartılarak hesaplanır.

Kullanılabilirlik Oranı: Makine veya ekipmanın çalışma süresinin, planlanan üretim süresine oranıdır.

Kullanılabilirlik= Toplam çalışma süresi/Net çalışma süresi

Performans oranı hesaplanması için gereken veriler;

Toplam üretim miktarı: Fire, yeniden üretim ve sağlam üretilen ürün miktarlarının tamamını kapsar.

Çevrim Süresi: Bir ürünün işlenmek üzere girdiği bir makinada geçirdiği zamanı ifade eder.

Toplam çalışma süresi performans oranı hesaplanmasında da kullanılır.

Performans= (çevrim süresi x toplam üretim miktarı)/toplam çalışma süresi

Kalite oranı hesaplaması için gereken veriler;

Hatalı ürün miktarı: Üretilen parçalar arasında sağlam olmayan ürünlerdir.

Toplam üretim miktarı kalite oranı hesaplanmasında da kullanılır.

Kalite= (Toplam üretim miktarı – Hatalı ürün miktarı)/Toplam üretim miktarı

4. BULGULAR

4.1. Bilgi Sistemi Önerisi

Toplam ekipman verimliliği hesaplamasını yapabilmek için C# programlama dilinde bir bilgi sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem ile OEE hesaplamaları kolaylıkla yapılabilmektedir. Önerilen sistem ile dönemsel değişikliklerle birlikte güncellemeler yapılarak mevcut durum sürekli takip edilebilmektedir.

Önerilen sistem dört bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler kullanılabilirlik oranı, performans oranı, kalite oranı ve OEE'nin hesaplanması olarak ayrılmıştır.

Kullanılabilirlik oranı hesaplamasında işletme çalışma süresi ve planlı duruş süreleri girildikten sonra net çalışma süresi hesaplanmaktadır. Plansız duruş süresi de girildikten sonra işleme süresi hesaplanabilmektedir. Kullanılabilirlik oranını hesaplama butonu kullanılarak kullanılabilirlik oranı hesaplanmaktadır. Performans oranı hesaplamasında ise toplam üretim miktarı, ideal çevrim süresi ve işleme süresi verileri girildikten sonra performans oranı kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Kalite oranı hesaplamasında hatasız üretim miktarı ve toplam üretim miktarı verileri girildikten sonra kalite oranı hesaplama butonu ile hesaplanabilmektedir. OEE hesaplamasında kullanılan bu üç çarpanın oranları hesaplanınca OEE hesaplanabilir ve grafik oluşturulabilir. Önerilen sistem ile performans oranı, kullanılabilirlik oranı, kalite oranı ve toplam ekipman etkinliğinin yüzdeleri de sütun grafik olarak oluşturulup karşılaştırılmaları kolaylıkla yapılabilmektedir. Şekil 2'de Plastik sanayi ve inşaat sektöründeki bir işletmenin OEE analizinin kullanılabilirlik oranı hesaplaması, Şekil 3'te performans oranı hesaplaması, Şekil 4'te kalite oranı hesaplaması ve Şekil 5'te OEE değeri hesaplanmış ve grafik oluşturulmuştur.

Diyar Meriç
Ebru Cinkılıç
Prof. Dr. Şafak Kırış
Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Gönderim Tarihi (Date of Submission): 20 Eylül 2023
Makale Kabul Tarihi (Date of Acceptance): 17 Aralık 2023

DOI: 10.17339/ejovoc.1363082



Kullanılabilirlik Oranı Hesaplama

İşletme Çalışma Süresi : 13440

Planlı Duruş Süresi : 0

Net Çalışma Süresi : 13440

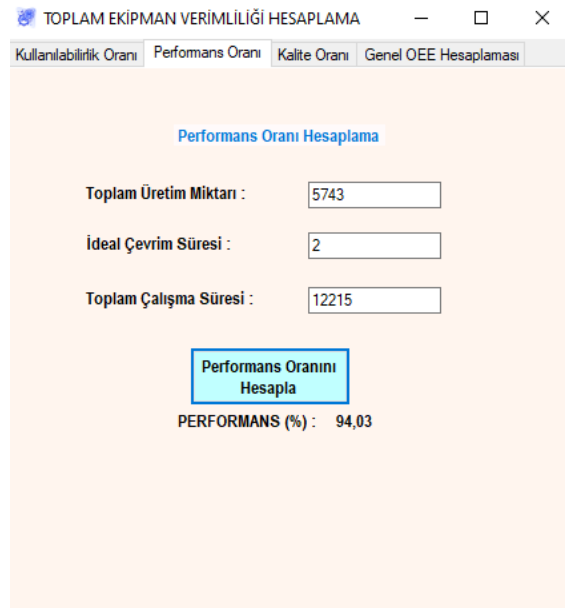
Plansız Duruşlar Süresi : 1225

Toplam Çalışma Süresi : 12215

Kullanılabilirlik Oranını Hesapla

KULLANILABİLİRLİK (%) : 90,89

Şekil 2: Kullanılabilirlik Oranı Hesaplama Ara Yüzü



Performans Oranı Hesaplama

Toplam Üretim Miktarı : 5743

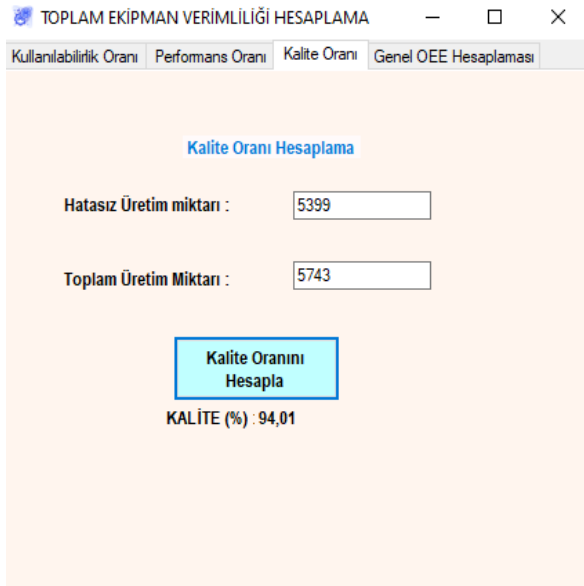
İdeal Çevrim Süresi : 2

Toplam Çalışma Süresi : 12215

Performans Oranını Hesapla

PERFORMANS (%) : 94,03

Şekil 3: Performans Oranı Hesaplama Ara Yüzü



Kalite Oranı Hesaplama

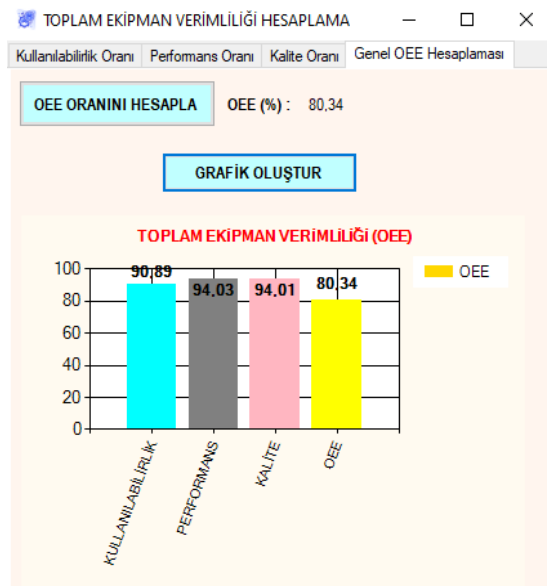
Hatasız Üretim miktarı : 5399

Toplam Üretim Miktarı : 5743

Kalite Oranını Hesapla

KALİTE (%) : 94,01

Şekil 4: Kalite Oranı Hesaplama Ara Yüzü



Şekil 5: OEE Hesaplama Ara Yüzü

4.2. Plastik Sanayi ve İnşaat Sektöründeki bir İşletmede OEE'nin Hesaplanması

OEE hesaplanması için işletmeden alınan bir aylık yaklaşık veriler kullanılmıştır. Veriler bir ay boyunca gündüz vardiyasından alınmış olup, üretim süreci için gerçekleşen OEE değerleri tespit edilmiştir.

Verilerin üretimden toplanması için öncelikle Excel aracıyla form hazırlanmıştır. Form içerisinde tarih, planlı ve plansız duruşlar, plansız duruşların sebepleri ve süreleri, vardiya bazındaki üretim miktarı, vardiya bazındaki hatalı üretim miktarları, işletmenin hangi günler üretim yaptığı, vardiya sayıları ve saatleri, işletmedeki plansız duruşlar ve ideal çevrim süresi yer almaktadır.

İşletmenin üretim süresi sabah 08.00'den 16.00'ya kadar 1 vardiyalık faaliyet göstermektedir. Haftanın her günü üretim yapılmaktadır. Hesaplama yapılırken planlı duruşlar sıfır olarak ele alınmıştır. Brüt kullanılabilir süreler ve net çalışma süreleri ise 480 dk olarak ele alınmıştır Plansız duruşlar olarak, dozaj montajı arızası, üretime geç başlama, kalite sorunları yer almaktadır. Tablo 5'de üretim sürecinden alınan bir aylık veri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Tablo 5. İşletmedeki Bir Aylık Planlı ve Plansız Duruş Süreleri

<i>Tarih</i>	<i>Plansız Duruşlar (dk)</i>	<i>Toplam Çalışma Süresi (dk)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Plansız Duruşlar (dk)</i>	<i>Toplam Çalışma Süresi (dk)</i>
1.02.2023	0	480	15.02.2023	0	480
2.02.2023	60	420	16.02.2023	360	120
3.02.2023	0	480	17.02.2023	0	480
4.02.2023	0	480	18.02.2023	0	480
5.02.2023	0	480	19.02.2023	0	480
6.02.2023	340	140	20.02.2023	0	480
7.02.2023	0	480	21.02.2023	0	480
8.02.2023	0	480	22.02.2023	0	480
9.02.2023	0	480	23.02.2023	0	480
10.02.2023	0	480	24.02.2023	0	480
11.02.2023	0	480	25.02.2023	345	135
12.02.2023	120	360	26.02.2023	0	480
13.02.2023	0	480	27.02.2023	0	480
14.02.2023	0	480	28.02.2023	0	480

Üretimde toplam çalışma süresi günde 480 dk'dır. İşletmenin planlı duruşu olarak sadece makine bakımı vardır. Bir aylık süre içerisinde makine bakımı yapılmadığı için planlı duruşlar sıfır olarak ele alınmıştır. Tablo 5'den işletmenin planlı ve plansız duruş sürelerine bakılarak toplam çalışma süreleri bulunmuştur.

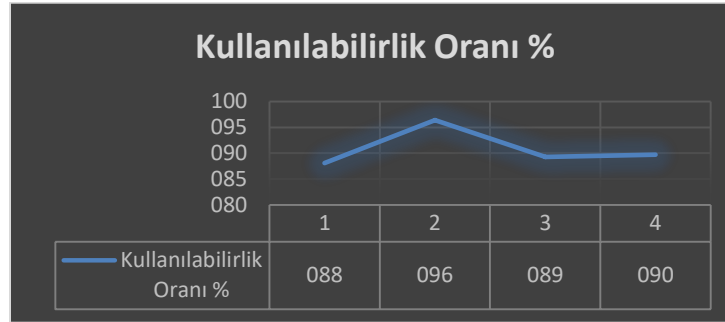
4.2.1. Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Bir aylık verilerin kullanılabilirlik oranları haftalık olarak Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Üretim Süreci Kullanılabilirlik Oranı Haftalık Hesaplaması

Hesaplama	Kullanılabilirlik Oranı Verileri	1.Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
<i>a</i>	<i>İşletme çalışma süresi (dk)</i>	3360	3360	3360	3360
<i>b</i>	<i>Planlı Duruşlar (dk)</i>	0	0	0	0
<i>c=a-b</i>	<i>Net Çalışma Süresi (dk)</i>	3360	3360	3360	3360
<i>d</i>	<i>Duruş Kayıpları (dk)</i>	400	120	360	345
<i>e=c-d</i>	<i>Toplam çalışma süresi (dk)</i>	2960	3240	3000	3015
<i>f=e/c</i>	<i>Kullanılabilirlik Oranı %</i>	88,10	96,43	89,29	89,73

Kullanılabilirlik oranı değişim grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: Üretim Süreci Kullanılabilirlik Oranı Verilerinin Karşılaştırılması

Şekil 6 incelendiğinde kullanılabilirlik oranının 2. hafta yüksek olduğu ve değerinin de %96 olduğu görülmektedir. Diğer haftalarda kalite oranı daha düşüktür Bunun sebebi ise 1., 3. ve 4. haftalarda duruş kayıplarının çok olması ve toplam çalışma sürelerinin fazla olmasıdır. Bu durum kullanılabilirlik oranını etkilemiştir.

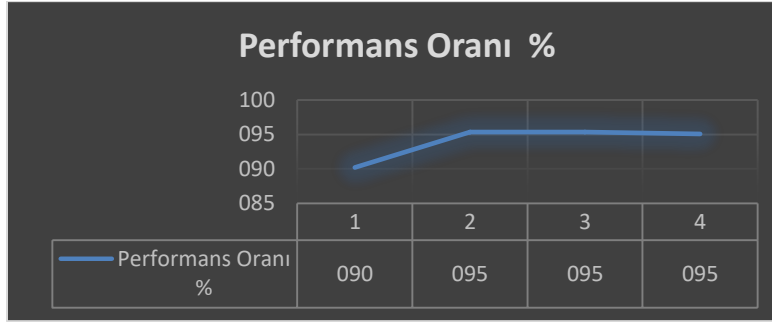
4.2.2. Performans Oranı Verileri

Bir aylık verilerin performans oranları haftalık olarak Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Üretim Süreci Performans Oranı Haftalık Hesaplama

Hesaplama	Kalite Oranı Verileri	1.Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
<i>g</i>	<i>Toplam üretim miktarı (adet)</i>	1335	1545	1430	1433
<i>h</i>	<i>İdeal çevrim süresi (dk)</i>	2	2	2	2
<i>e</i>	<i>Toplam çalışma süresi (dk)</i>	2960	3240	3000	3015
<i>l=(hxg)/e</i>	<i>Performans Oranı %</i>	90,20	95,37	95,33	95,06

Performans oranı değişim grafiği Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7: Üretim Süreci Performans Oranı Verilerinin Haftalık Karşılaştırılması

Şekil 7 incelendiğinde performans oranının 2., 3. ve 4. haftalarda yüksek olduğu ve %95 değerine kadar çıktığı görülmektedir. İlk haftada ise diğer haftalara göre kalite oranı daha düşüktür. Bunun sebebi ise ilk haftanın toplam üretim miktarının ve toplam çalışma süresinin düşük olmasıdır. Bu durum performans oranını etkilemiştir.

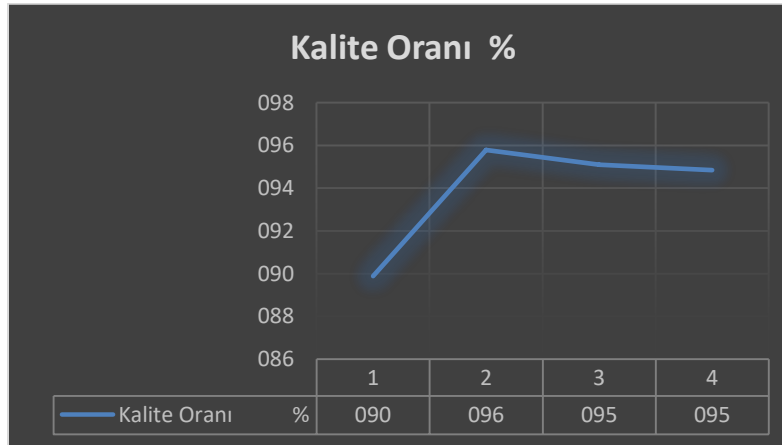
4.2.3. Kalite Oranı Verileri

Bir aylık verilerin kalite oranları haftalık olarak Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Üretim Süreci Kalite Oranı Haftalık Hesaplaması

Hesaplama	Kalite Oranı Verileri	1.Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
j	Hatalı Ürün miktarı (adet)	135	65	70	74
g	Toplam üretim miktarı(adet)	1335	1545	1430	1433
$K = (g - j) / g$	Kalite Oranı %	89,89	95,79	95,10	94,84

Kalite oranı değişim grafiği Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8: Üretim Süreci Kalite Oranı Verilerinin Haftalık Karşılaştırılması

Şekil 8 incelendiğinde kalite oranının 2., 3. ve 4. haftalarda yüksek olduğu ve %95 değerine kadar çıktığı görülmektedir. 1. haftada diğer haftalara göre kalite oranı daha düşüktür. Bunun sebebi ise hatalı ürün miktarının ilk haftada fazla olmasıdır. Ayrıca ilk haftanın toplam üretim miktarı da diğer haftalara göre daha az olduğu için bu durum kalite oranlarını etkilemiştir.

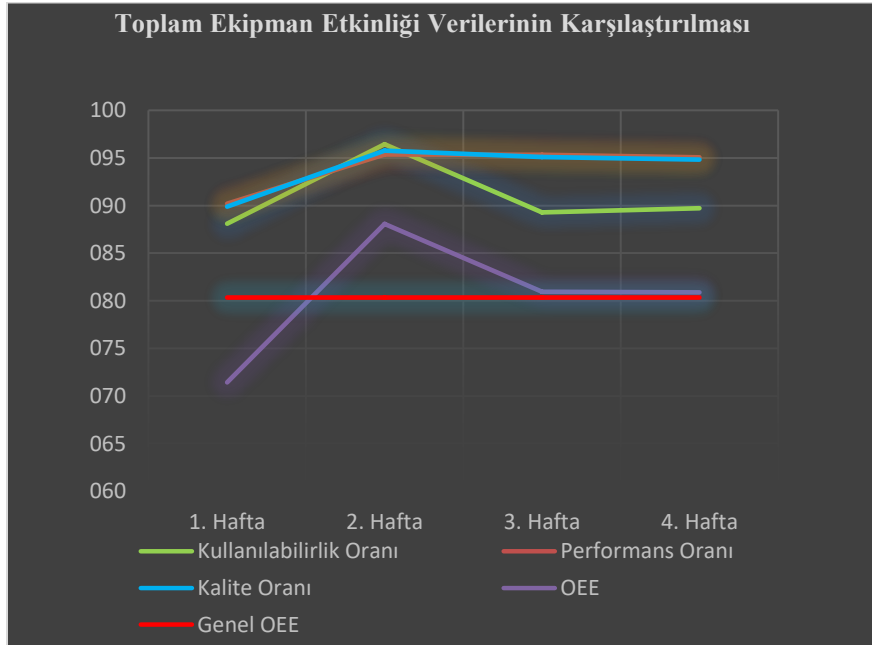
4.2.4. Genel OEE Hesaplanması

Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) hesaplaması için bir aylık veriler haftalık bazında analiz edilmiştir. Çıkan sonuca göre her haftanın toplam ekipman etkinliği hesaplanmıştır. Bunun sonucunda üretim hattının bir aylık genel OEE'si elde edilmiştir. Hesaplamalar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Üretim Süreci Toplam Ekipman Etkinliği Haftalık Hesaplaması

	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
<i>Kullanılabilirlik Oranı</i>	88,10	96,43	89,29	89,73
<i>Performans Oranı</i>	90,20	95,37	95,33	95,06
<i>Kalite Oranı</i>	89,89	95,79	95,10	94,84
<i>OEE</i>	71,43	88,09	80,95	80,87
<i>Genel OEE</i>	80,34			

Toplam Ekipman Etkinliği verilerinin karşılaştırılması Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9: Üretim Süreci Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Karşılaştırılması

Şekil 9 incelediğinde kullanılabilirlikte harici ve hazırlık gibi plansız duruşlar 1. haftada fazlayken 2. haftada düşmüştür, 3. ve 4. haftada ise yine bir miktar artarak 1. haftaya yakın bir değere doğru durağan

bir hale gelmiştir. Performans oranı 1. haftadan 2. haftaya %90'dan 95'e çıkmış ve hız kayıpları azalmıştır. Bu durum da hız kayıplarında iyileştirmeye gidildiğini ve 3. ve 4. haftada durağan hale geldiğini göstermektedir. Kalite kayıplarında da 1. hafta kalite kayıpları fazlayken iyileştirme ile diğer haftalarda durağan hale gelmiştir.

OEE'yi burada en çok etkileyen parametre yani değişkenliğinin sebebi, 2. haftada yüksek olmasının 3. ve 4. haftada daha düşük olmasının sebebi kullanılabilirliktir. Genel olarak kullanılabilirliğin düşük olması 1. haftadaki OEE oranını da düşürmüş olup 2. haftada yapılan çalışmalarla arttırılmış ve 3. ve 4. haftalarda sabit tutulmuştur.

4.2.5. OEE ve Dünya Standartları

Dünya çapında yapılan araştırmalar, üretim tesislerinde ortalama OEE oranının %60 olduğunu gösteriyor. Dünya standartlarında OEE'nin %85 veya daha iyi olduğu kabul edilmektedir (Gupta ve Garg 2012). OEE'de dünya standartını hedefleyen işletmelerin TPM anlayışını işletmede uygulayarak OEE değerini %85'in üzerine çıkarmaları beklenmektedir. Tablo 10'da gösterildiği gibi OEE'nin dünya standart değerlerinde olması için; Kullanılabilirlik oranının %90, performans oranının %95 ve kalite oranının %99,9 olması gerekmektedir. OEE bu değerlerin çarpımı sonucu elde edildiğinden dolayı genel OEE değeri ise %85,41 olmaktadır. (Temiz vd. 2010). OEE değerinin dünya standart değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. OEE Değerinin Dünya Standart Değerleri

<i>OEE FONKSİYONLARI</i>	<i>STANDART DEĞER</i>
Kullanılabilirlik Oranı	90%
Performans Oranı	95%
Kalite Oranı	99,9%
Genel OEE	85,41%

Kaynak: (Daçe 2015, 24)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, artan rekabet koşullarında firmaların sektörlerinde daha iyi bir yer edinebilmeleri, makine ve ekipmanlarını etkin bir şekilde kullanabilmeleri için üretim hatlarında, TPM anlayışı kapsamında gerçekleştirilen ekipman etkinliği analizlerini irdelenmiştir. TPM uygulaması, üretim ortamındaki kayıplara odaklanır ve bunları 6 büyük kayıp altında değerlendirir. Ayrıca makinelerin kullanılabilirliğini artırmak, maliyetleri düşürmek ve verimliliği artırmak için iyileştirme faaliyetlerini yürütür. TPM uygulamaları kapsamında hem kayıpların hem de verimliliklerin kontrolü OEE analizi tarafından sağlanır. Yapılan OEE hesaplamaları sonucunda ulaşılan kullanılabilirlik, performans ve kalite oranları incelendiğinde, OEE oranını etkileyen fonksiyonun kullanılabilirlik oranı olduğu tespit edilmiştir.

Kullanılabilirlik oranından sonra performans oranı düşük olmuştur. Bu faktörlerin düşük olmasının sebebinin plansız duruşlardan kaynaklandığını görülmektedir.

OEE oranı ilk hafta %71,43, ikinci hafta %88,09, üçüncü hafta %80,95 ve dördüncü hafta %80,87 olarak tespit edilmiştir. Genel OEE değeri ise %80,34 olmuştur. Dünya klasmanında ideal OEE değerinin %85 oranında olmasını istenir. Ortaya çıkan değer, ideal değer ile karşılaştırılınca işletmenin OEE değeri ideal değerden düşük ancak yakın bir değerdir. Nedenler incelendiğinde ise ilk haftanın OEE değerinin düşük olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Birinci haftada diğer haftalara göre plansız duruşların fazla olması, üretim miktarının daha az olması ve hatalı ürün sayısının daha fazla olması OEE değerinin düşük çıkmasına sebep olmuştur.

OEE değerinin düşük çıkma sebeplerinden birisi olan plansız duruşlar konusunda iyileştirme çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Şubat ayı verilerinde de görüleceği üzere üretime geç başlama, dozaj motoru arızası ve kalibre vakum arızası plansız duruşları hesaplamada değeri aşağı çekmektedir. Bunun üzerine yapılan çalışma ve hesaplama sonuçlarına göre plansız duruş sebeplerini etkileyen kök sebepler belirlenmiştir. Bu incelemeler sonrasında mart ayı verileri de alınarak karşılaştırma yapılmış, sapmaya sebep olan duruşlar tekrar incelenmiştir. Bu yapılan çalışmalar ile sonuçlarda gözle görülür şekilde iyileşmeler olmuştur. Öncelikle plansız duruşların sıfır duruşa yönelmiş olması etkin bir çalışma elde edildiğine işarettir. Bunun üzerine değişkenlik gösterip sapmalara sebep olan bu duruşlara da bağlı olan verimliliği güncel tutmak adına ve her ay hesaplamayı kolaylaştırmak adına Toplam Ekipman Etkinliği hesaplaması için bir bilgi sistemi önerilmiştir. Farklı sektörlerde de benzer sistemlerin kullanılabileceği düşünülmektedir. Farklı gereksinimlere de cevap verebilecek bir şekilde bilgi sisteminin geliştirilebileceği ve diğer faaliyetlerle bütünleştirilebileceği düşünülmektedir.

Sonraki çalışmalarda önerilen bilgi sistemi ile OEE değeri düzenli olarak ölçülebilir ve OEE değerinin dünya standartları altında kalması durumunda değerinin düşük çıkma sebepleri araştırılabilir. Buna bağlı olarak iyileştirme çalışmaları sürekli hale getirilebilir.

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), 218-228.

Alkan E. (2015). Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Toplam Ekipman Etkinliğinin Araştırılması. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Diyar Meriç
Ebru Cinkılıç
Prof. Dr. Şafak Kırış
Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Gönderim Tarihi (Date of Submission): 20 Eylül 2023
Makale Kabul Tarihi (Date of Acceptance): 17 Aralık 2023
DOI: 10.17339/ejovoc.1363082

Anonim (2022)a. TPM Nedir. https://mmorize.org/tpm/tpm_nedir_1_.pdf, (Erişim Tarihi: 29.12.2022).

Anonim, (2022)b. TPM'in Ana Hedefleri. https://mmorize.org/tpm/tpm_in_ana_hedefleri_p.pdf, (Erişim Tarihi:29.12.2022).

Anonim (2022)c. Toplam Üretken Bakım. <https://progimyalin.com.tr/tpm-toplam-uretken-bakim>, (Erişim Tarihi:30.12.2022).

Becker J.M.J., Borst J. ve Van Der Veen A., (2015). Improving the Overall Equipment Effectiveness in HighMix-Low-Volume Manufacturing Environments. CIRP Annals – Manufacturing Technology, 64(1): 419- 422.

Çelik H. (2019). 5S Uygulamalarının Ayar Süreleri 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.

Daçe O. (2015). Susuz Boraks Tesisinde Toplam Verimli Bakım Kapsamında Toplam Ekipman Etkinliği Uygulaması. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Daş G. S. ve Yaşın M. F. (2017). Kobi'lerde Ekipman Etkinliğinin İyileştirilmesinde Yeni Bir Yaklaşım: Bir Ahşap İşleme Tesisinde Uygulama. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32 (1), 0-0.

Dobra P. ve Jósvei J. (2021). Enhance of OEE by Hybrid Analysis At The Automotive Semi-Automatic Assembly Lines. Procedia Manufacturing, Volume 54, 184-190.

Ersöz T., Öztürk E. ve Gürel E. (2018). Demir Çelik Sektöründe Toplam Verimli Bakım Uygulaması. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 18. EYİ Özel Sayısı, 447-458.

Ginste L. V. D., Aghezzaf E. H. ve Cottyn J. (2022). The Role of Equipment Flexibility in Overall Equipment Effectiveness (OEE)-Driven Process Improvement. Procedia CIRP, Volume 107, 289-294.

Görener A. (2012). Toplam Verimli Bakım ve Ekipman Etkinliği: Bir İmalat İşletmesinde Uygulama. Electronic Journal of Vocational Colleges, May:15-20

Gupta A. K. ve Garg R. K. (2012). OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. International Journal of IT, 1(1), 115-124

Gür T. (2019). Atölye Tipi Üretim Sistemlerinin Toplam Ekipman Etkinliği, Değer Akış Haritalama ve Matematik Programlama Modeli Kullanılarak Çizelgelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Hatipoğlu S. ve Akar C. (2022). A New Scoring Approach to Calculate Overall Equipment Efficiency: A Case Study, Verimlilik Dergisi, (3), 499-510.

Ingaldi M. ve Tatar D. K. (2022). Digitization of The Service Provision Process - Requirements and Readiness of the Small and Medium-Sized Enterprise Sector. Procedia Computer Science, Volume 200, 237-246.

Jugderragchaa U. (2017). TPM Anlayışı Kapsamında Gerçekleştirilen OEE Analizleri ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, s1-99.

Kök N. ve Yıldız M. S. (2023). Toplam Etkinliği (OEE) Analizi ve İyileştirmesi: Otomotiv Sektörü Sızdırmazlık Elemanları İşletmesine Uygulama. Business Economics and Management Research Journal, 6 (1), 69-82.

Mendonça P. A., Francisco R. P. ve Rabelo D. S. (2022). OEE Approach Applied to Additive Manufacturing Systems in Distributed Manufacturing Networks. Computers & Industrial Engineering, Volume 171, 108-359,

Özkan N. 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). Farklı OEE Yaklaşımlarının Matbaa Sektöründe Uygulanabilirliğinin Analizi. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (25), 264-271.

Polat İ. (2014). İşletmelerde Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) Kullanımı ile Elektrik Enerji Tasarrufu. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sarı E. B. (2019). Measuring the Performances of the Machines Via Preference Selection Index (PSI) Method and Comparing Them with Values of Overall Equipment Efficiency (OEE). İzmir İktisat Dergisi, 34(4), 573-581.

Sarı E. B. (2021). Fuzzy Based Failure Mode and Effect Analysis Towards to Risks of Autonomous Maintenance Activities: As a TPM Implementation. Ege Academic Review, 21 (1), 17-27.

Diyar Meriç
Ebru Cinkılıç
Prof. Dr. Şafak Kırış
Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Gönderim Tarihi (Date of Submission): 20 Eylül 2023
Makale Kabul Tarihi (Date of Acceptance): 17 Aralık 2023
DOI: 10.17339/ejovoc.1363082

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.

Yenice S. E. (2021). Ulus Metal Firmasında Toplam Ekipman Etkinliği Uygulamaları ve İyileştirmeler. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1-47.