

TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE TRIZ KULLANIMI: BİR UYGULAMA

N. Fırat ÖZKAN¹

Elif Cansu ADA²

Selin GENLİK³

ÖZET

Toplam Ekipman Etkinliği, kullanılan ekipmanların çalışma saatleri içindeki kullanım etkinliğini ölçmeye yarayan bir performans göstergesidir. Bu değer dünya standartlarında % 85 olarak kabul edilmiştir. TRIZ Yöntemi ise problemlerin çözümünde sistematik yaklaşım sağlayan yaratıcı çözümlere sahip olan bir çözüm teorisidir. TRIZ Yöntemi çeşitli patent incelemeleri sonucu ortaya çıkan, 39 mühendislik parametresi ve 40 yaratıcı ilkeyi kapsayan çelişkiler matrisinden oluşmaktadır. Bu çalışmanın ilk aşamasında bir işletmenin deterjan üretim bölümünde TEE verileri bir dönem boyunca toplanarak ortalama TEE değeri bulunmuştur. Bu değer dünya standartları ile karşılaştırılmış olup bulunan TEE değerinin bu standarta yaklaştırılması için TRIZ Yöntemi sistematik bir şekilde uygulanmıştır. TRIZ Yöntemi ile belirlenen öneriler, TEE değerini arttıracak küçük iyileştirmeleri kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Toplam Ekipman Etkinliği, TRIZ, Performans, Ekipman, İyileştirme.*

¹ **N. Fırat ÖZKAN**, Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. ORCID: 0000-0003-4464-7052

² **Elif Cansu ADA**, Endüstri Mühendisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. ORCID: 0000-0002-1650-5789

³ **Selin GENLİK**, Endüstri Mühendisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. ORCID: 0000-0002-0916-5587

* Makale Gönderim Tarihi: 20.09.2017 Kabul Tarihi: 05.06.2018

USE OF TRIZ METHOD IN IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

ABSTRACT

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is a performance indicator for measuring effectiveness of the equipments in use during working hours. The minimum value accepted in the world is 85 % for OEE. TRIZ is a creative solution theory providing systematic approaches. It uses a tool called contradiction matrix including 40 creative principles and 39 engineering parameters, which have been appeared as a result of various patent researches. This study was conducted in the production department of an enterprise that produces detergent. At the first stage, average OEE value was calculated based on measurement in one period. Then this value was compared to worldwide standard and some improvements were achieved via TRIZ method.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness, TRIZ, Performance, Equipment, Improvement.

1. GİRİŞ

Günümüz koşullarında piyasada ayakta kalabilmenin en önemli yollarından biri kaliteli ürünleri uygun fiyatlar ile üretip müşteriye sunmaktan geçmektedir. Bu doğrultuda şirketlerin amacı üretim maliyetlerini düşürüp, makine ve ekipmanları en etkili ve verimli şekilde kullanmaktır. Bu amaca ulaşma çalışmaları, verimliliği arttırmaya yönelik çeşitli yöntemlerin kullanılmasını da kapsamaktadır. Makine ve ekipmanların yeterli ve etkin kullanılıp kullanılmadığını tespit etmek için Toplam Ekipman Etkinliğinden yararlanır. Şirketler birimlerinde uyguladıkları Toplam Ekipman Etkinliği analizleriyle makine ve teçhizatları ne kadar etkin kullandıklarını ölçmektedirler. Bu ölçümler doğrultusunda elde edilen sonuçlar dünya standartlarıyla karşılaştırılıp iyileştirmeler yapılır veya bulunan durumu koruma önerileri sunulup uygulamaya geçirilmesi için çeşitli projeler oluşturulur.

Toplam Ekipman Etkinliği (TEE), makine ve ekipman kapasitelerinin ne kadarının kullanıldığını gösteren bir performans ölçme ve değerlendirme yöntemidir (Nakajima, 1988). Toplam Ekipman Etkinliği kavramı; üretilen kaliteli ürün oranı, makinelerin uygunluğu ve performans etkinliği kavramlarıyla ilişkilidir (Chand ve Shirvani, 2000). TEE'nin dünya standartlarına yaklaştırılmasında karşılaşılan teknik ve teknik olmayan problemler söz konusudur. Geleneksel yöntemlerle çözülemeyen bu problemlerle başa çıkmak için yaratıcı ve yenilikçi bakış açısına ihtiyaç vardır. TRIZ yenilikçi problem çözme yaklaşımı, geniş bilgi kaynağı kullanımı ve sistematik yaklaşımıyla bu ihtiyacı karşılamaktadır. TRIZ'in sahip olduğu 39 mühendislik parametresi ve 40 yaratıcı ilke ile işletmeler departmanlarına göre sorunları ayrı ayrı inceleyip ideal bir çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

TEE Yöntemi pek çok farklı sektörde, bazen tek başına bazen ise başka yaklaşımlarla desteklenerek kullanılmaktadır. Yaygın kullanımında avantaj sağlayan en önemli özelliği, Muchiri ve Pintelon (2008) tarafından yapılan tarama çalışmasında bu Yöntemin farklı tiplerdeki üretim kayıplarını ölçebilen etkili bir performans aracı olması olarak belirtilmiştir. Domingo ve Aguado (2015), TEE Yönteminin yalın ve yeşil imalat sistemlerinde bir ölçüt olarak kullanımını araştırmışlardır. Paprocka vd. (2015) ise TEE Yöntemini ölçümlere dayandırmak yerine benzetim araçlarıyla tahmin ederek kullanımını olduğundan daha kolay hale getirmeye çalışmışlardır. Becker vd. (2015) ise yaptıkları çalışmada TEE'nin yüksek-düşük karışık hacimli sektörlerle uyulanabileceğini göstermişlerdir. Vittaleshvar vd. (2016) TEE Yöntemini, ekipmanlardan kaynaklı arıza ve hız hatalarının yoğun ürün kaybına yol açtığı su şişeleme sektöründe uygulamışlardır. Wudhikarn

(2016) çalışmasında TEE Yöntemini kendi önerdiği Toplam Ekipman Maliyet Kaybı Yöntemiyle karşılaştırmıştır. Farklı makine tiplerinde bu yöntemlerin birbirlerine üstünlüklerinin değişebildiğini göstermiştir. Folmer vd. (2016) TEE değerini yükseltmek istedikleri bir işletmede valf arızalarını ortaya çıkmadan fark edebilecek büyük veri tabanlı çalışan bir yöntem önermişlerdir. Patel vd. (2016) ele aldıkları deri işleme makinelerinde TEE değerlerini hesaplamışlar ve üretim öncesi hazırlık zamanlarında yaptıkları iyileştirmeler ile bu değeri % 5 arttırabildiklerini göstermişlerdir.

Yenilikçi mühendislik tasarımı amacıyla belirli alanlarda bağımsız teknikler topluluğu olan TRIZ Yöntemi, beyin fırtınası gibi yöntemlerden ayrılarak yenilikçi mühendislik tasarımı için sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır (Domb, 2000). Ilevbare vd. (2013) TRIZ Yöntemimim hangi alanlarda daha etkili olduğunu araştırarak bu yöntemin özellikle teknik problemlerin çözülmesi ve teknoloji-inovasyon çalışmalarında yoğun tercih edildiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına bir örnek olarak Park vd. (2013) çalışmalarında teknoloji transfer ofislerinde ümit vaad eden patent başvurularının seçilmesinde TRIZ Yöntemini kullanmışlardır. Russo vd. (2014) ürünlerin çevreye olumsuz etkileri azaltmayı amaçlayan ekotasarım control listesini TRIZ Yöntemiyle beraber kullanarak daha etkili hale getirmeyi amaçlamışlardır. Vinodh vd. (2014) sürdürülebilir ürün tasarımında TRIZ Yöntemini, Analitik Hiyerarşi Prosesi ile beraber kullanarak yeşil imalat alanında farklı bir yaklaşım önermişlerdir. Shin vd. (2014) ise TRIZ Yönteminin teknik problemlerin çözümündeki kullanımına bir örnek olarak, robotların yatay hareketlerindeki algılayıcıların iyileştirilmesi için bu yöntemden faydalanmışlardır. Borgianni ve Matt (2016) müşteri ihtiyaçlarını Matris Yöntemiyle analiz etmek için kullanılan Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımında TRIZ kullanımını inceleyerek bu iki yaklaşımın tasarım süreçlerinde bir arada kullanımının daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Swee vd. (2016) üretim süreçlerinde kaliteyi olumsuz etkileyen problemlerin çözümünde TRIZ Yönteminden faydalanmışlardır.

TEE ve TRIZ yöntemlerinin farklı alanlarda ve farklı yöntemler ile bir arada kullanımına yönelik çalışmalar son yıllarda yoğunlaşsa da bu iki yöntemin bir arada kullanıldığı örnek bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma hem literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hem de imalat sektöründe bütünsel bir yaklaşım ile verimlilik iyileştirmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

3. UYGULAMA

Bu çalışma, deterjan üretimi yapan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Tesis prosesi üretim için yatay olarak yapılandırılmıştır. Deterjanın üretimi; besleme, karıştırma, paketleme, paketlenmiş ürünün kolilenmesi ve kolilerin

palet üzerine dizilip streçlenmesi aşamalarından meydana gelmektedir. Deterjanı oluşturan kimyasal maddeler karıştırıcılarla beslenerek belirli bir süre karıştırıldıktan sonra paketleme ünitesine alınmaktadır. Tesiste değişik gramajlarda (0,3-0,5-1-1,5-3-5-20 kg) paketli deterjan üretimi yapılmaktadır. Paketlenen ürünler ağırlık kontrolünden sonra el ile mukavva koli içerisine yerleştirilmektedir. Hazır olan koliler bantlama makinesi ile bantlanıp, tekrar ağırlık kontrolüne girmektedir. Gramaja uygun olmayan ürünler sistem tarafından otomatik olarak ayrılmaktadır. Hatasız koliler otomatik robot vasıtası ile euro palet üzerine dizilir. Kolilerin palet üzerine dizilimini yaptıktan sonra streçleme işlemi yapılarak stok alanına taşınır.

Çalışmanın ilk aşamasında ortalama Toplam Ekipman Etkinliği hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer dünya standartlarının oldukça altında kalmaktadır. Buna neden olan faktörlerin madde kaybı ve zaman kaybı olduğu belirlenmiştir. İkinci aşama olan TRIZ Yöntemi ise bu kayıpların iyileştirilmesine yönelik önerilerin sistematik olarak belirenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı deterjan fabrikasında öncelikle 9 hafta boyunca birer tam vardiya olmak üzere rassal tarihlerde, TEE hesaplaması için gerekli olan veriler; gözlem ve ölçümler aracılığıyla toplanmıştır. TEE hesaplama adımlarını oluşturan denklemler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

$$\text{Ekipman Kullanım Değeri} = \frac{\text{Toplam Çalışma Süresi} - \text{Toplam Planlı Duruşlar}}{\text{Toplam Çalışma Süresi}} \quad (1)$$

$$\text{Planlanan Makine Uygunluğu} = \frac{\text{İşleme Süresi} - \text{Setup Süresi}}{\text{İşleme Süresi}} \quad (2)$$

$$\text{Gerçekleşen Makine Uygunluğu} = \frac{\text{İşleme Süresi} - \text{Setup Süresi} - \text{Boş Beklemeler}}{\text{İşleme Süresi}} \quad (3)$$

$$\text{Performans Etkinliği} = \frac{\text{Ortalama Çevrim Süresi} \times \text{Üretilen Hatasız Ürün Sayısı}}{\text{İşleme Süresi}} \quad (4)$$

$$\text{Kaliteli Ürün Oranı} = \frac{\text{Hatasız Ürün Sayısı} - \text{Hatalı Ürün Sayısı}}{\text{Hatasız Ürün Sayısı}} \quad (5)$$

$$\text{TEE} = \text{Gerçekleşen Mak. Uyg.} \times \text{Perf. Etkinliği} \times \text{Kaliteli Ürün Oranı} \times 100 \quad (6)$$

Çalışmaya, işlemlerin çevrim zamanlarının ölçülmesi ile başlanmış ayrıca gerekli verilerin toplanarak kayıt altına alınması için tüm planlanan, gözlenen çalışma zamanları ile planlanan ve gerçekleşen üretim miktarlarını içeren kayıt formları tasarlanmıştır. Ayrıca ortaya çıkan plansız duruşların da detaylı şekilde takibi yapılmış bunun için de ayrı bir form kullanılmıştır. Bu şekilde toplanan tüm veriler Çizelge 1'de özetlenmiştir. Çizelge 1'deki veriler kullanılarak hesaplanan TEE değerleri ise Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Gözlem ve Ölçüm Sonuçları

ÇALIŞMA VE DURUŞ ZAMANLARI	1. GÜN	2. GÜN	3. GÜN	4. GÜN	5. GÜN	6. GÜN	7. GÜN	8. GÜN	9. GÜN
İşletme Çalışma Zamanı	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat	24 saat
Planlı Üretim Zamanı	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat	16 saat
Gözlemlenen Üretim Zamanı	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat	8 saat
Planlı Duruş Zamanı (Üretim Ara Verilen Zaman)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Günlük Planlı Duruşlar (Yemek ve Çay Molası)	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk	60 dk
Günlük Set-Up Zamanı ve Diğer Hazırlıklar	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk	105 dk
Günlük Ort. Plansız Duruşlar (Makine Arızaları vb.)	38,42 dk	39,45 dk	41,51 dk	40,44 dk	39,41 dk	41,17 dk	38,85 dk	45,05 dk	48,26 dk
Planlanan Üretim Miktarı (Paket)	3300	4120	6240	3840	4080	13500	3920	350	4800
Net Üretilen Deterjan Paket Sayısı	3262	4084	6198	3814	4048	13449	3888	338	4765
Hatalı Paket Sayısı	28	36	42	26	32	51	32	12	35
DETAYLI PLANSIZ DURUŞLAR	1. GÜN	2. GÜN	3. GÜN	4. GÜN	5. GÜN	6. GÜN	7. GÜN	8. GÜN	9. GÜN
Ambalaj Hatası	8,25	9	8,14	8,1	10,55	12,46	10,3	8,29	10,5
Koli Makinesi Hatası	3,55	4	4,34	5,58	3,5	4,58	5,2	5	5,5
Bantlama	11,2	10,3	4,5	5,48	3,51	4,49	13	10,1	8
Ağırlık	2,1	2,1	2,49	2,34	3,03	3,49	2,25	3,4	4,2
Vakum	2,02	1,5	3,11	2,37	4,49	3,18	4,1	2,56	4,44
Palet Gecikmesi	2,2	3	4,23	3,2	4,58	3,12	4	3,2	3,35
Hatalı Ürünlerin Temizliği	8,3	9,15	13,5	12,17	8,15	8,25	13,35	12,5	12,27
Toplam (dk)	38,42 dk	39,45 dk	41,51	40,44	39,41	41,17	38,85	45,05	48,26

Çizelge 2. TEE Sonuçları

Tarih	TEE Değeri (%)
1. Gün	42,71
2. Gün	35,42
3. Gün	26,59
4. Gün	49,4
5. Gün	35,13
6. Gün	13,93
7. Gün	50,68
8. Gün	16,57
9. Gün	39,25
Ortalama	34,41

Yapılan bu çalışma sonucu ortalama Toplam Ekipman Etkinliği değeri % 34,41 olarak bulunmuştur. Bu değer dünya standardı olan % 85 değerinin oldukça altında kalmıştır. Toplam Ekipman Etkinliği değerini yükseltmek için etkinliği düşüren duruşları azaltmak amacıyla iyileştirme önerileri geliştirilmiş ve bu öneriler TRIZ Yöntemiyle değerlendirilmiştir. TRIZ Yöntemi, problemi teknik ya da fiziksel bir çelişki olarak belirtir. Teknik bir çelişki, tasarım sürecinde yer alan 39 parametreyi tanımlayan çelişkiler matrisi kullanılarak çözülebilir. Fiziksel çelişkiler ise ayrılık prensipleri kullanılarak çözülür. Çelişkiler analizinin oluşturulması, 40 yaratıcı ilkenin uygulanması için atılan ilk adımdır (Domb, 2000). Çelişkileri çözümlenmek için TRIZ Yönteminde Dört Ayrılık Prensibi tanımlanmıştır (Altshuller, 2007).

- Zamanda Ayrılık,
- Uzayda Ayrılık,
- Sistemin Bütünü ve Parçaları Arasındaki Ayrılık,
- Koşula Göre Ayrılık.

TRIZ Yönteminde mevcut sistemde iyileştirilmesi istenilen problemler belirlenerek, tasarım sürecinde yer alan 39 parametre (Çizelge 3) kullanılıp çelişkiler matrisi oluşturulur. Aslında her problem bir çelişki olarak ele alınmakta ve bu çelişkileri aşmak için yaratıcı ilkelerden faydalanılır. TRIZ Yönteminde karşılaşılan problemler 40 yaratıcı ilke ile çözülebilmekte ve hızlı bir şekilde sonuca ulaşılabilir. Bu ilkeler binlerce patent araştırması sonucunda ortaya çıkan ve çelişkilerin çözümünde kullanılan 40 yaratıcı ilkeyi kapsamaktadır (Tate ve Domb, 1997). 40 yaratıcı ilke Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelge 3. TRIZ Mühendislik Parametreleri

1	Hareketli nesnenin ağırlığı	14	Mukavemet	27	Güvenilirlik
2	Sabit nesnenin ağırlığı	15	Hareketli nesnenin dayanımı	28	Ölçüm doğruluğu
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	16	Sabit nesnenin dayanımı	29	Üretim doğruluğu
4	Sabit nesnenin uzunluğu	17	Sıcaklık	30	Nesneye etki eden zararlı faktörler
5	Hareketli nesnenin alanı	18	Parlaklık	31	Zararlı yan etkiler
6	Sabit nesnenin alanı	19	Hareketli nesnenin harcadığı enerji	32	Üretilebilirlik
7	Hareketli nesnenin hacmi	20	Sabit nesnenin harcadığı enerji	33	Kullanım kolaylığı
8	Sabit nesnenin hacmi	21	Güç	34	Tamir edilebilirlik
9	Hız	22	Enerji kaybı	35	Adapte edilebilirlik
10	Kuvvet	23	Madde kaybı	36	Aletin karmaşıklığı
11	Gerilim/basınç	24	Bilgi kaybı	37	Kontrol karmaşıklığı
12	Şekil	25	Zaman kaybı	38	Otomasyon seviyesi
13	Nesnenin yapısal kararlılığı	26	Madde miktarı	39	Verimlilik

Çizelge 4. TRIZ Yaratıcı İlkeler

1	Bölümlenme, dilimleme	15	Dinamiklik	29	pnömatik ve hidrolik kullanımı
2	Çıkarma, ayırma	16	Kısmi fazlalık	30	Esnek kabuklar ve ince filmler
3	Lokal kalite	17	Yeniden boyutlama	31	Gözenekli malzeme kullanımı
4	Asimetri	18	Mekanik titreşim	32	Renk değiştirme
5	Birleştirme	19	Periyodik hareket	33	Homojenlik
6	Evrensellik	20	Yararlı hareket sürekliliği	34	Atılan ve değiştirilen parçalar
7	Birbirinin içine girme	21	Acele etme	35	Fiziksel ve kimyasal durum değişikliği
8	Ağırlık azaltma	22	Zararı yarara çevirme	36	Hal geçişleri
9	Başlangıçta eylemsizlik	23	Geribildirim	37	Isıl genişleme
10	Başlangıçta hareket	24	Aracılık	38	Kuvvetli oksitlendiriciler

11	Önceden güvenlik sağlama	25	Self-servis	39	Eylemsiz atmosfer
12	Eşit potansiyel	26	Kopyalama	40	Kompozit malzemeler
13	Ters eylem	27	Ucuz, kısa ömürlü nesnelere		
14	Yuvarlama	28	Mekanik sistemin ikamesi		

TRIZ Yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Problem; çalışılan ortam, kullanılan kaynaklar, yararlı ve zararlı etkiler ve ideal sonuç olmak üzere tanımlanır.
- Probleme uygun çözümün taslağı oluşturulur. Bu taslak; problemin nereden kaynaklandığı, neye benzediği, ne zaman gerçekleştiği, nerede gerçekleştiği, neden gerçekleştiği ve nasıl gerçekleştiği sorularına cevap verilerek oluşturulur.
- 39 Mühendislik Parametresi ve 40 Yaratıcı İlke kullanılarak çelişkiler matrisi oluşturulur. Bu aşamada mühendislik parametrelerinden oluşan 39*39'luk kare matris oluşturulur. Sütunlar iyileştirilirken satırlarda gerçekleşen kötüleşmelere uygun çözümler 40 yaratıcı ilkelerden seçilerek doldurulur.
- Oluşturulan matristeki yaratıcı prensiplere göre, probleme uygun iyileştirmeler önerilir.

Bu çalışmada, gözlemler sonucu elde edilen TEE verilerinin iyileştirilmesi için TRIZ Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılırken incelenen hattın ekipman etkinliğinin düşük olmasına sebep olan faktörler belirlenmiştir. Çelişkiler matrisi ile bu faktörleri iyileştirmek için 40 yaratıcı ilkedeki gerekli olan prensipler kullanılarak 39 mühendislik parametresinden ilgili faktörler için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Gözlemler ve ölçümler sonucunda TEE değerini düşürdüğü saptanan faktörlerin beklendiği üzere çoğunlukla 39 mühendislik parametresi arasında yer alan zaman kaybı ve madde kaybı parametreleri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Bu faktörler şöyle özetlenebilir:

Ambalajlama Hatası: Paket dolumunu gerçekleştiren makinenin presinin düzgün çalışmamasından kaynaklanan duruşları kapsar ve 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Koli Makinesi Hatası: Dolumu gerçekleştiren paketler birleştirilmek üzere koli makinesine doğru ilerler. Bu makinede gerçekleşen duruşlar koli yırtılması, makine arızası ve hammadde bitmesinden kaynaklanır. Bu durum 39

mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Bantlama Makinesi Hatası: Kolilenen paketler bantlanmak üzere bantlama makinesine doğru ilerler. Bu makinede gerçekleşen duruşlar bant bitmesi, makine arızası, düzgün bantlamamadan kaynaklanır. Bu durum 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Ağırlık Kontrol: Kolilenip bantlanan ürünlerin ağırlığının spek sınırlarına uygunluğu elektronik tartı kullanılarak kontrol edilir. Bu sınırlara uymayan koliler ayrılır. Kolilerin içindeki paketler geri beslemeye gönderilir. Bu durum 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Vakum Makinesi Hatası: Uygun spek değerlerinde olan koliler elektronik tartıdan geçtikten sonra palete yerleştirilmek üzere vakum makinesiyle taşınır. Bu makinedeki duruşların sebebi vakum makinesi arızası ve bu makine yardımı ile taşınan kolilerin gerilim ve basınç farkından dolayı palete taşınırken düşmesidir. Bu durum 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Palet Gecikmesi: Bu duruşun sebebi vakum makinesi ile üst üste istiflenen kolilerin altına konulan paletin işçi tarafından yetiştirilememesinden kaynaklanır. 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Hatalı Ürünlerin Temizliği: Üretim sırasında yukarıdaki hatalardan kaynaklanan üretimin durmasına sebep olan kir ve dökülen deterjanların temizliğidir. Bu durum 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Hatalı Poşet Sayısı: Süreç boyunca yukarıdaki sebeplerden kaynaklanan hatalı poşet sayısıdır. Bu durum 39 mühendislik parametresinde yer alan madde kaybı parametresi ile ilişkilidir.

Deterjan üretim hattında yaşanan duruşlar TEE değerini azaltmaktadır. Bu duruşlar TRIZ Yöntemi kullanılarak mümkün olduğunca azaltılıp TEE değerini yükseltmek amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda TRIZ matrisi deterjan bölümüne uygun ve yapılabilir olarak doldurulmuştur. Buna göre, TRIZ matrisinin ilgili kısmı yani problemlerin ilişkili oldukları parametre ve yaratıcı ilkeler Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Çelişkiler ve İlgili Oldukları İlkeler

	39. Verimlilik
23. Madde Kaybı	40
25. Zaman Kaybı	6, 13, 24, 25, 28, 34, 40

Madde kaybının azaltılması için ilgili 40. ilke olan (kompozit malzemeler) ışığında geliştirilen iyileştirme önerisi, madde kaybının engellenmesi amacıyla ambalajın ısıyla daha hızlı reaksiyon veren başka bir ambalaj türüyle değiştirilmesi şeklinde özetlenebilir.

Ambalajlar, çift katlı birinci sınıf polietilen malzemeden oluşmaktadır. Yüksek yoğunluklu polietilen malzeme kullanılarak ambalajların daha tok ve kimyasal olarak daha dayanıklı olmasının sağlanması beklenmektedir.

TEE’de duruşlardan dolayı ekipman kullanım değeri ve gerçekleşen makine uygunluğu düşer. Bu değerlerin düşmesine ambalaj hataları, ağırlık kontrol, vakum, koli makinesi hatası, bantlama makinesi hatası, hatalı ürünlerin temizliği ve palet gecikmesi ve bunlara bağlı duruşlar neden olmaktadır. Bu hatalar ve duraksamalar 39 mühendislik parametresinde yer alan zaman kaybı parametresi ile ilişkilidir. Bu duruma engel olmak için 40 yaratıcı ilkeden;

Ambalaj hataları için:

- **40. Kompozit Malzemeler:** Tek malzemeden, birçok parçadan oluşan kompozit malzemeye dönüşme.

Madde kaybının engellenmesi amacıyla ambalajın ısıyla daha hızlı reaksiyon veren başka bir ambalaj türüyle değiştirilmesi önerilir.

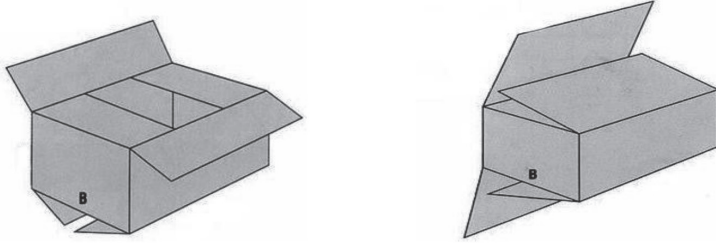
Bantlama makinesi hataları için:

- **6. Evrensellik, Genelilik:** Bir parçanın veya nesnenin çoklu fonksiyonları yerine getirmesi; diğer parçalara olan ihtiyacı ortadan kaldırma.

Bantlama makinesinin hem üst bantlama kısmına hem de alt bantlama kısmına eklenecek mekanik bant besleyici ile bant bitişinden kaynaklanan duruşlar engellenmiş olacaktır. Önerilen bu sistem şöyle çalışmalıdır: Makineye eklenecek olan besleyiciye bant takılacaktır, bu da yedek görevini üstlenmiş olacaktır. Böylelikle sistem durmadan biten bant otomatik bir şekilde değiştirilecek, işçi değişim gerçekleştikten sonra boş ruloyu alıp yerine dolu ruloyu takarak sistemin durmasına gerek kalmadan bant beslemesini gerçekleştirmiş olacaktır. Bu da zaman kazanımını sağlayacaktır.

- **25. Kendi Kendine Hizmet:** Bir nesnenin yardımcı faydalı fonksiyonlar yerine getirerek kendine hizmet etmesi.

Kullanılan çift kapaklı kolilerin, kendinden yapışkanlı tam kapaklı koli çeşidi ile değiştirilmesi sayesinde bantlama makinesine ihtiyaç kalmayacaktır. Bu sayede bantlama makinesi duruşları engellenmiş olacaktır (Şekil 1).

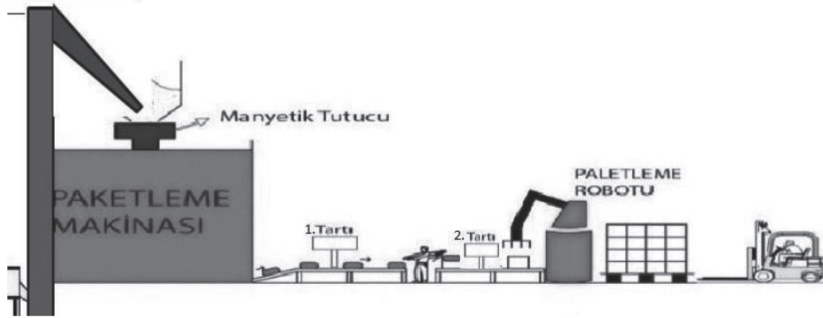


Şekil 1. Kullanılan Çift Kapaklı Koli ve Önerilen Tam Kapaklı Koli

Ağırlık kontrolden kaynaklanan duruşlar için:

- **13. Tersinden Yapma:** Problemi çözmek için kullanılan eylemi tersine çevirme.
- **34. Gözden Çıkarma ve Yeniden Ele Alma:** Bir nesnenin fonksiyonları yerine getirmiş olan parçalarını atmak veya işlem sırasını değiştirmek.

Hatta iki tartı bulunmaktadır. Sonda bulunan tartıda itici bulunmaktadır. Zaman kaybını azaltmak amacıyla son tartıda bulunan itici ilk tartıya yerleştirilir (Şekil 2). Bu durumda ağırlık spesifikasyon sınırlarına uymayan paketler ilk tartıda itileceği için sonda oluşan itmeden kaynaklı duruşlar engellenmiş olacak ve aradaki geri besleme mesafesinin azaltılması sağlanacaktır.



Şekil 2. Tartılan Yer Değişimi ile Oluşacak Hat Düzeni

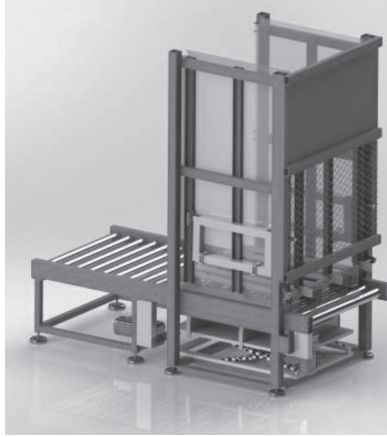
Palet gecikmesinden kaynaklanan duruşlar için:

- **24. Aracı Kullanma:** Aracı taşıyıcı bir parça veya aracı süreç kullanma.

Mevcut sistemde paletler, hatta, işçi tarafından elle yüklenmektedir. Önerilen sistemde ise emniyet stoğu oluşturulan paletlerin itici kol yardımıyla iş yükü azaltılarak zaman kaybı önlenmiş olacaktır. Hatta mevcut olan itici koldan bir adet daha alınarak istiflenen paletlerin ek işçiye gereksinim kalmadan değiştirilmesi sağlanacaktır.

- **28. Mekanik Sistemin İkamesi:** Mekanik bir aracı duyumsal (optik, akustik, tat veya koku) araçlarla değiştirme.

Tam otomatik palet besleyici (Şekil 3) ile emniyet stoğu oluşturularak iş yükü azaltılacaktır. Bu makineler belirli sayıda paleti alabilecek kapasitededir. Optik sensör yardımıyla palet dolduğu an boş palet ile değiştirilecektir. Bu sayede zaman kaybı önlenmiş olacaktır.



Şekil 3. Tam Otomatik Palet Besleyici

Önerilen iyileştirmelerin hayata geçirilmesi durumunda yok olacak duruşlar ve malzeme kayıpları yapılan gözlemlerden çıkartılarak beklenen TEE değeri yeniden hesaplanmıştır. Buna göre mevcut durumda % 34,41 olan TEE değerinin % 36,68'e yükselmesi beklenmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışmada bir deterjan fabrikasının TEE değerinin düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir yöntemlerle mümkün olduğunca hızlı iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Firmanın deterjan sektöründe faaliyet göstermesi sadece zaman değil aynı zamanda malzeme kaybının da yüksek olması ve bu kayıpların sürekli takibinin zorluğunu beraberinde getirmiştir. Bu kayıpların en kritik aşamasının çoğunlukla deterjanın paketlenmesi ve istiflenmesi esnasında ortaya çıkması sektörel şartların ve ürün özelliklerinin bir

sonucudur. Böylesi bir ortamda TEE'nin minimum maliyetle iyileştirilmesi hedefini sağlamak için titiz bir incelemeye ve doğru yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu yüzden sadece zaman ve malzeme kayıplarının saptanarak önerilerde bulunulması yerine bu önerilerin sistematik bir yaklaşımla titizlikle yapılması gerekmektedir. Bu noktada TRIZ Yöntemi tercih edilerek firma için daha net ve hızlı iyileştirme önerileri sağlanmıştır. Çalışmanın daha önce bir arada kullanılmayan bu iki yöntemi bir araya getirmesi yönüyle öncü olması ve verimlilik alanındaki çalışmalara farklı bir bakış açısı getirmesi beklenmektedir.

Sağlanan iyileştirmeler sektörel şartlardan dolayı dünyadaki kabul edilebilir % 85 TEE değerine ulaşmak için yetersiz kalmıştır. Ancak bu noktada firmanın iyileştirmeler için zaman ve bütçe kısıtlarının varlığı oldukça etkili olmuştur. İlerleyen aşamalarda önerilen tüm iyileştirmelerin yerine getirilmesi ve tüm vardiyanın dikkate alınarak TEE değerinin yeniden gözlemler aracılığıyla hesaplanması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- ALTSHULLER, G., (2007), **Ve Birden Mucit Ortaya Çıktı, TRIZ Yaratıcı Problem Çözme Kuramı**, İstanbul, Elma Yayınevi.
- BECKER, J. M. J., BORST, J., VAN DER VEEN, A., (2015), **Improving the Overall Equipment Effectiveness in High-Mix-Low-Volume Manufacturing Environments**, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 64 (1), 419-422.
- BORGIANI, Y., MATT, D. T., (2016), **Applications of TRIZ and Axiomatic Design: A Comparison to Deduce Best Practices in Industry**, Procedia CIRP, 39, 91-96.
- CHAND, G., SHIRVANI, B., (2000), **Implementation of TPM in Cellular Manufacture**, Journal of Materials Processing Technology, 103 (1), 149-154.
- DOMB, E., (2000), **Managing Creativity for Project Success**, 7th Project Leadership Conference.
- DOMINGO, R., AGUADO, S., (2015), **Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System**, Sustainability, 7 (7), 9031-9047.
- FOLMER, J., SCHRUFER, C., FUCHS, J., VERMUM, C., VOGEL-HEUSER, B., (2016), **Data-Driven Valve Diagnosis to Increase the Overall Equipment Effectiveness in Process Industry**, IEEE 14th International Conference.
- İLEVBARE, I. M., PROBERT, D. AND PHAAL, R., (2013), **A Review of TRIZ and its Benefits and Challenges in Practice**, Technovation, 33, 30-37.
- MUCHIRI, P., PINTELON, L., (2008), **Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review and Practical Application Discussion**, International Journal of Production Research, 46 (13), 3517-3535.
- NAKAJIMA, S., (1988), **Introduction to TPM**, Cambridge, MA: Productivity Press.
- PAPROCKA, I., KEMPA, W., KALINOWSKI, K., GRABOWIK, C., (2015), **Estimation of Overall Equipment Effectiveness Using Simulation Programme**, Materials Science and Engineering, 95 (1).
- PARK, H., REE, J. J., KIM, K., (2013), **Identification of Promising Patents for Technology Transfers Using TRIZ Evolution Trends**, Expert Systems with Applications, 40 (2), 736-743.
- RUSSO, D., RIZZI, C., MONTELISCIANI, G., (2014), **Inventive Guidelines for a TRIZ-Based Eco-Design Matrix**, Journal of Cleaner Production, 76, 95-105.
- SHIN, D., PARK, S. G., SONG, B. S., KIM, E. S., KUPERVASSER, O., PIVOVRTCHUK, D., KOCHETOV, A., (2014), **Precision Improvement of MEMS Gyros for Indoor Mobile Robots with Horizontal Motion Inspired by Methods of TRIZ**, In Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS), 9th IEEE International Conference.
- SWEE, N. S. L., TOH, G. G., YIP, M. W., KEONG, C. S., TAI, S. C., (2017), **Applying TRIZ for Production Quality Improvement**, MATEC Web of Conferences.
- TATE, K. AND DOMB, E., (1997), **40 Inventive Principles with Examples**, TRIZ Journal, July.

- VINODH, S., KAMALA, V., JAYAKRISHNA, K., (2014), **Integration of ECQFD, TRIZ and AHP for Innovative and Sustainable Product Development**, Applied Mathematical Modelling, 38 (11), 2758-2770.
- WUDHIKARN, R., (2016), **Implementation of the Overall Equipment Cost Loss (OECL) Methodology for Comparison with Overall Equipment Effectiveness (OEE)**, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 22 (1), 81-93.