

BİR TEKSTİL İŞLETMESİNİN BOYAHANE BÖLÜMÜNDEKİ KRİTİK MAKİNELERİN ANALİZİ VE BAKIM PLANI ÖNERİSİ

¹Sıla Temel, ²Didem Türkmen, ³Onur Emre Kundakçı, ⁴Aşkın Güngör

¹ Endüstri Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, sila.temel1251@gmail.com

² Endüstri Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, didemturkmen7@gmail.com

³ Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş., onur.kundakci@ozanteks.com.tr

⁴ Endüstri Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, askiner@pau.edu.tr

Özet

Bakım yönetim sisteminin temel hedefi; işletme bünyesinde yer alan kaynakların (insan, makine, tesis, donanım, malzeme, para) en etkin ve verimli şekilde kullanılmasını sağlamak, bakım personelinin çalışma verimini arttırmak, beklenen ve beklenmeyen arızaları sıfıra yaklaştırmaktır. Bu çalışmanın amacı, bir tekstil işletmesinin boyahane birimindeki kritik makineleri analiz etmek ve bu makineler için bir bakım planı oluşturmaktır. Kritik makinelerin tespit edilmesinde FMEA analizi ve Toplam Ekipman Etkinliğinden yararlanılmıştır. Belirlenen kritik makineler için bakım planlarının oluşturulması amacıyla, geçmiş verilerden yararlanılarak, makine duruşlarına neden olan arızaların dağılımları incelenmiştir. Elde edilen dağılımların periyodik bakım uygulamalarına uygun olduğu gözlemlenmiştir. Makine duruşlarına neden olmayan, fakat ilerleyen zamanlarda ortaya çıkabilecek küçük arızaların engellenmesine yönelik önleyici bakımlar da planlara dâhil edilmiştir. Çalışma, sektörel bir örnek sunarak uygulama alanının gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, Boyahane, Periyodik Bakım, FMEA Analizi, Toplam Ekipman Etkinliği

1. Giriş

Bakım, varlıkların iyi durumlarının korunması ve devamının sağlanmasına yönelik çalışmaların tamamını kapsar. Sadece arızaya anında müdahale gibi “reaktif” değil, rutin muayene, periyodik bakım, koruyucu bakım, yenileme ve kondisyon izleme gibi “proaktif” görevler de bakım fonksiyonu içindedir [1]. Bakım fonksiyonu, üretim faaliyetlerine paralel olarak yürütülür ve çeşitleri şu şekilde tanımlanabilir:

Muayene: Makinenin çalışması durumunun kontrol edilmesidir.

Tamir Bakım (Acil Bakım – Onarım) (TB): Arıza oluşumu sonrası ilgili ekipmanı yeniden aktif hale getirmek için uygulanan bakım (tamir) çalışmalarıdır.

Periyodik Bakım: Klasik düzene oturtulmuş günlük, haftalık, aylık veya yıllık uygulanan bakım fonksiyonudur.

Koruyucu Bakım (KB): Muayene sonuçlarına ve istatistiki verilere dayanan bakım çalışmalarıdır.



Kestirimci Bakım (KESB): Ekipman çalışırken dönen parçalar üzerinde alınan termal, titreşim ölçüm değerleri, istatistiki yöntemler ve eğilim çözümleme teknikleri kullanılarak makinede arıza oluşmadan tespit edilen ve gerekli bakım çalışmalarına yönlendiren yaklaşımdır [1].

Bakım fonksiyonlarını içeren bakım – onarım sistemleri; üretimin veya hizmetin gerçekleştirildiği tesis, hat, makine, teçhizat etkinliği ve verimliliğinin, belirlenmiş yönetim politikalarıyla teknik spesifikasyonlara uygun bir şekilde, yeterli düzeyde olmasını sağlamak üzere kurulur. Makine ve ekipmanın imalat veya hizmet sektöründe arızaya uğraması ya da durması; üretim kapasitesi, üretim maliyetleri, ürün ve hizmet kalitesi, iş gören ve müşteri güvenliği, müşteri tatmini gibi hususlarda üretim akışı, verimlilik ve maliyetler üzerinde doğrudan etkili olur [1].

Bu çalışmanın amacı, bir tekstil işletmesinin boyahane birimindeki kritik makinelerin belirlenmesi ve ilgili makineler için bakım planlarının geliştirilmesidir. Ayrıca, arızaların makinalarda ne gibi kayıplara yol açtığı tespit edilip, bakım çalışmalarının yönetiminin etkinliğinin artırılması da amaçlanmaktadır. Bakım prosedürleri doğrultusunda oluşturulan bakım planlarının plansız makina duruşlarının yarattığı üretim kayıplarının azaltılmasına katkı sağlanması beklenmektedir.

2. Metot

Uygulama, Denizli’de bir tekstil işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın ilk adımı kritik makinelerin belirlenmesidir. Kritik makineler belirlenirken, boyahane birimi kendi içerisinde ürün gruplarına göre alt birimlere ayrılmıştır. Öncelikli olarak kritik arızalar, daha sonra kritik arızaların gerçekleştiği kritik birimler belirlenip o birimlerdeki hangi makinelerin kritik olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen makinelerin şu anda ne durumda olduğu göstermek adına her biri için Toplam Ekipman Etkinliği değeri hesaplanmıştır. Ayrıca hangi ürünlerinin hangi makinalardan geçtiğini, dar boğazı oluşturan makinelerin hangileri olduğunun tespiti için ise 1-0 matrisi oluşturulmuştur. Bu analizler sonucunda bakım çalışmalarının öncelikli hangi makinalara yöneltilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Geçmiş verilerden yararlanılarak, makinelerin durmalarına sebep olabilecek arızaların dağılımları incelenmiştir. Yapılan incelemeler ile birlikte ortaya çıkan dağılımların hangi bakım politikasına uygun olduğuna karar verilmiş bir yıllık bakım planları oluşturulmuştur. Makinaların durmasına sebep olmayan, fakat ilerleyen zamanlarda ortaya çıkabilecek ufak çaplı arızaların bakımları da bu plana dahil edilmiştir.

Çalışmada öncelikli kullanılan metot hata türü ve etkileri analizi (FMEA) yöntemi; sistem ve ürün tasarımı, üretim süreci ve bakım faaliyetleri tasarımında kullanılacak en etkileyici yöntem olup doğru uygulanması halinde firmalara oldukça fazla yarar getirecek bir kalite tekniği olarak ön plana çıkmaktadır. Yöntemin uygulaması sırasındaki temel hedef, olası hatanın sebebinin dolayısı ile hatanın etkisinin minimuma indirilmesidir [2].

FMEA; tasarım, proses, sistem ve hizmet konularına odaklanarak olası hataları, yanlışları ve problemleri tüketiciye ulaşmadan önce tespit edip, tanımlayıp yok etmeyi amaçlayan bir mühendislik tekniğidir. FMEA tehlikelerin tanımlanması ve risklerin değerlendirilmesinde kullanılan pratik yöntemlerden birisi olup ekip çalışmasını gerekli kılmaktadır [3].

Standart FMEA sürecinde hata türlerinin oluşum, şiddet ve tespit edilebilme değerlendirmeleri şu şekilde gösterilebilir:

Şiddet (A) Değerini Belirleme: Şiddet, olası hatanın müşteriye etkileyen sonuçlarının analizidir [4]. Hatanın şiddeti etkiye karşı gelen değerdir ve aralarında doğrusal bir ilişki vardır. Şiddet değerleri, hatanın müşteri üzerindeki etkisinin büyüklüğüne göre değerlendirilir. FMEA ekibi RÖS hesaplamalarında uygulamak üzere belirlediği hata çeşidine istinaden 1-10 arasında bir değer seçerek RÖS değerini oluşturan şiddet faktörünü belirler.

Oluşum (O) Değerini Belirleme: FMEA çalışmalarında hatanın meydana gelme olasılığının değeri için çeşitli olasılık aralıklarının olduğu bir tablodan yararlanılır [4]. Oluşum değeri, hatanın oluşma sıklığına göre değerlendirilir. Bu anlayışa paralel olarak, oluşturulan FMEA ekibi RÖS hesaplamalarında kullanmak üzere belirlediği hata türüne istinaden, 1-10 arası bir değer seçerek risk öncelik katsayısını oluşturan olasılık faktörünü belirler.

Tespit (S) Değerini Belirlenmesi: Tespit edilebilirlik, mevcut kontroller sonucunda hatanın belirlenerek müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir başka bir deyişle işletmenin hatayı tespit edebilme yeteneğidir [4]. Tespit edilebilirlik, hatanın saptanabilme derecesine göre değerlendirilir. Oluşturulan FMEA ekibi RÖS hesaplamalarında kullanmak üzere belirlediği hata türüne istinaden 1-10 arası bir değer seçerek RÖS'ü oluşturan tespit edilebilirlik faktörünü belirler.

Risk Öncelik Puanı (RÖS) Hesaplanması: Kritiklik derecesini belirleyen değer, RÖS değeridir. Risk Öncelik Sayısı, hatanın belirlenen olası oluşum değeri (O), hatanın ağırlık, ya da şiddet değeri (A) ve hatanın tespit edilebilirlik (S) değerleri kullanılarak elde edilir. RÖS değeri formülü şu şekildedir:

$$RÖS = O \times A \times S \quad 2.1.$$

Literatürde, FMEA uygulamalarında RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır:

- RÖS < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- $40 \leq RÖS \leq 100$ önlem alınmasında fayda vardır.
- RÖS > 100 ise mutlaka önlem alınması gerekir.

FMEA yönteminden sonra belirlenen kritik makinelerin performans değerlerini incelemek üzere toplam ekipman etkinliği (TEE) yöntemi kullanılmıştır. Toplam ekipman etkinliği (TEE) yöntemi; işletmede kullanılan ekipmanların verimliliğini tespit etmek için kullanılan bir ölçüt olarak ifade edilmektedir. Toplam ekipman etkinliği, makine ve tesislerin hangi etkinlikte kullanıldığını ölçen, yalın üretim ve toplam verimli bakım uygulamalarının başarısında anahtar rol oynayan önemli bir parametredir [5]. Toplam ekipman etkinliği kavramı; üretilen kaliteli ürün oranı, makinelerin uygunluğu ve performans etkinliği kavramlarıyla ilişkilidir [6]. Bu kapsamda hesaplanması gereken değerler ve bunlarla ilişkili formüller şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{Üretim Zamanı} &= \text{İşleme süresi} - \text{Planlı duruş süresi} & 2.2. \\ \text{Net Üretim Zamanı} &= \text{İşleme süresi} - \text{Planlı duruş süresi} - \text{Plansız duruş süresi} & 2.3. \\ \text{Ekipman Kullanım Değeri} &= [\text{Üretim zamanı} / \text{Net üretim zamanı}] \times 100 & 2.4. \\ \text{Performans Etkinliği} &= [(\text{Teorik çevrim zamanı} \times \text{Üretilen hatasız ürün sayısı} \times \text{Üretim zamanı}) \times 100] & 2.5. \\ \text{Kaliteli Ürün Oranı} &= [(\text{Üretilen ürün miktarı} - \text{Üretilen hatalı ürün miktarı} - \text{Yeniden işlenen ürün miktarı}) / \text{Üretilen ürün miktarı}] \times 100 & 2.6. \\ \text{Toplam Ekipman Etkinliği} &= \text{Ekipman Kullanım Değeri} \times \text{Performans Etkinliği} \times \text{Kaliteli Ürün Oranı} & 2.7. \end{aligned}$$

Belirlenen makineler için bir bakım planının oluşturulması amacıyla her makinenin kendi kritik arızaları kullanılarak **arızalar arası geçen süreleri** (AAOS) hesaplanmıştır. AAOS, bir sistemde 2 arıza arasında geçen ortalama süredir. Arızalar arası geçen süre değerlerinin, Arena simülasyon yazılımının Input Analyzer modülü yardımı ile dağılımları belirlenmiştir. Belirlenen bu dağılımlardan koruyucu bakım planlamasına uygun olan arızalar için arızaların oluştuğu makinelere periyodik bakım planları öngörülmüştür.

3. Uygulama

Bu uygulamada ilk aşama olan kritik makinelerin belirlenmesi için boyahane bölümünün 4 ana birimi incelenmiştir. Her bir birim için FMEA Analizi gerçekleştirilmiştir. Son 3 yılda oluşan 11.446 arızadan 382 arıza grubu belirlenmiş daha sonra kritik arızalar belirlenip, o arızaların hangi makinelerde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Potansiyel hata türleri belirlenirken fabrikanın son 3 yıllık arıza verilerinden yararlanılmıştır. Son 3 yılda birimlerde hangi arızaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Oluşan arızaların nedenleri ve etkileri, birim sorumluları yardımıyla belirlenmiştir. Arızaların şiddet, oluşum ve tespit derecelendirilmesi ile birlikte risk öncelik sayılarının değerlendirilmiş, RÖS değeri 100'den büyük olan arızalar kritik olarak belirlenmiştir. Arızalar RÖS değerlerine göre sıralandığında kritik arızaların kumaş boyama biriminden HT, Santrifüj ve Kurutma alt birimlerinde gerçekleştiği görülmüştür. HT, santrifüj ve kurutma biriminde meydana gelen kritik arızaların hangi makinelerde gözlemlendiği grafik yardımıyla ortaya konmuştur. Grafikte çıkan sonuçlara göre HT alt biriminde PMM455, PMM303 ve PMM304 makinelerinin; santrifüj alt biriminde SANT1, kurutma alt biriminde ise RAMÖZ3 makinesinin kritik



makinelere olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 1’de uygulamanın küçük bir bölümü örneklenmiştir.

Tablo 1. Örnek FMEA Tablosu

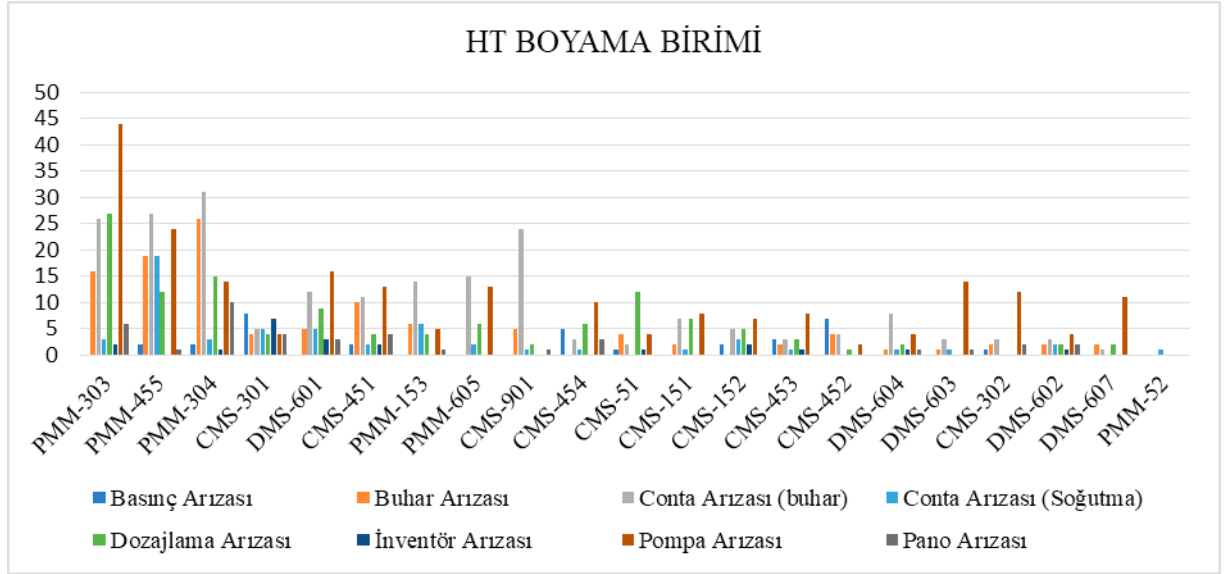
FMEA								
Birimler	Potansiyel Hata	Hata Modunun Potansiyel Etkileri	A	Hatanın Potansiyel Sebep Mekanizmaları	O	Hata Önleyici Prosesler	S	R.Ö.S.
HT	Basınç Arızası	Makinenin işlem görememesi	8	Emniyetin açmaması, buhar vanasının kaçırması	4	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	4	128
	Buhar Arızası	Makine için gereken ısısının sağlanamaması	8	Vananın keçe ve yayının zarar görmesi	5	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	3	120
	İnventör Arızası	Makinenin işlem görememesi	7	Elektriksel dalgalanmalar ve nemli ortam oluşması	4	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	4	112
	Dozajlama Arızası	Makinenin maddeyi almaması gereken zamanda alması	9	Pompanın çalışmaması veya vananın açmaması	7	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	4	252
Santrifüj	Santrifüj freni kopması, tutmaması	Makinenin durdurulmaması	7	Fren balatasının bağlandığı sacın kırılması	7	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	4	196
	Göbek kasnağının çıkması, düşmesi, kayışının kopması	Makinenin çalışmaması	9	Kasnağı tutan civatanın kırılması	5	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	3	135
Türban	İnventör Arızası	Makinenin çalışmaması	8	Elektriğin dengesiz gelmesi	6	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	4	192
	Fan Arızası	Malın dengesiz savrulması ya da hiç savrulmaması	8	Motorun bakımının yapılmaması	8	Hata önleyici proses bulunmamaktadır.	3	192

Örnek olarak HT alt biriminde oluşan kritik arızalar ve bu arızaların yoğun gerçekleştiği makineler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kritik Arızalar Tablosu

Kritik Arızalar	PMM-303	PMM-455	PMM-304
Basınç	0	2	2
Buhar	16	19	26
Conta (buhar vanası)	26	27	31
Conta (soğutma vanası)	3	19	3
Dozajlama	27	12	15
İnventör	2	0	1
Pompa	44	24	14
Pano	6	1	10
TOPLAM	124	104	102

HT alt biriminde oluşan kritik arızaların alt birimdeki tüm makinelere göre dağılımı Şekil 1’deki gibidir.



Şekil 1 HT Boyama Birimi Grafiği

Boyahane bölümünde gerçekleştirilen FMEA Analizi sonucunda kritik makineler, HT alt birimindeki PMM303, PMM304, PMM455 makineleri, santrifüj alt birimindeki SANTI, Kurutma alt birimindeki RAMÖZ3 ve birimler arası ortak kullanılan DIKISMAK makinesi olarak belirlenmiştir. Bu makinelerden yalnızca SANTI makinesine eldeki verilerin yetersizliği nedeniyle Toplam Ekipman Etkinliği uygulanamamıştır. TEE, 2017 yılının ilk 6 ayının verilerini içermektedir. İşletmede günde 3 vardiya ve haftanın 6 günü çalışılmaktadır. Her vardiya 8 saatten oluşmaktadır. Bu süre içerisinde fabrikada planlı duruş mevcut değildir.

PMM 455 Makinası İçin Toplam Ekipman Etkinliği:

2017 yılının ilk 6 ayı baz alınarak hesaplanan toplam çalışma süresi dakika bazında 224.640 dakikadır.

Kullanılabilirlik

Toplam Çalışma Süresi = 224.640 dakika

Toplam Plansız duraklamalar = 77.417,6 dakika

Net Üretim Zamanı: (224.640 - 77.417,6) = 147.222,4 dakika

Kullanılabilirlik: [(Net Üretim Zamanı/Üretim Zamanı)] *100 = 65,537

Performans Etkinliği

Üretim zamanı: 224.640 dakika

Teorik çevrim zamanı: 1,68 dk /birim

Üretilen hatasız ürün sayısı: 116.301 ton

Performans Etkinliği: [(Üretilen Miktar *Teorik Çevrim Zamanı* Üretim Zamanı)] *100 = 86,9771

Kaliteli Ürün Oranı

Kaliteli ürün oranı: [(Üretilen miktar-Hatalı miktar – Yeniden işlenen miktar) / (Üretilen miktar)] *100 = 92,8418

Toplam Ekipman Etkinliği

Toplam Ekipman Etkinliği= Kullanılabilirlik *Performans Etkinliği* Kalite Seviyesi

Toplam Ekipman Etkinliği= (0,65537*0,869771*0,928418) *100

Toplam Ekipman Etkinliği= %52,9219

PMM 303 Makinası İçin Toplam Ekipman Etkinliği:

Kullanılabilirlik

Toplam Çalışma Süresi = 224.640 dakika

Toplam Plansız duraklamalar = 51.347dakika



Net Üretim Zamanı: $(224.640 - 51.347) = 173.293$ dakika

Kullanılabilirlik: $[(\text{Net Üretim Zamanı}/\text{Üretim Zamanı})] * 100 = 77,1425$

Performans Etkinliği

Üretim zamanı: 224.640 dakika

Teorik çevrim zamanı: 1,68 dk /birim

Üretilen hatasız ürün sayısı: 113.795,8 ton

Performans Etkinliği: $[(\text{Üretilen Miktar} * \text{Teorik Çevrim Zamanı} * \text{Üretim Zamanı})] * 100 = 85,10372$

Kaliteli Ürün Oranı

Kaliteli ürün oranı: $[(\text{Üretilen miktar}-\text{Hatalı miktar} - \text{Yeniden işlenen miktar}) / (\text{Üretilen miktar})] * 100 = 90,483$

Toplam Ekipman Etkinliği

Toplam Ekipman Etkinliği= Kullanılabilirlik *Performans Etkinliği* Kalite Seviyesi

Toplam Ekipman Etkinliği= $(0,771425*0,8510372*0,90483) * 100$

Toplam Ekipman Etkinliği= %59,4031

PMM 304 Makinası İçin Toplam Ekipman Etkinliği:**Kullanılabilirlik**

Toplam Çalışma Süresi =224.640 dakika

Toplam Plansız duraklamalar = 70.010,5 dakika

Net Üretim Zamanı: $(224.640 - 70.010,5) = 154.629,5$ dakika

Kullanılabilirlik: $[(\text{Net Üretim Zamanı}/\text{Üretim Zamanı})] * 100 = 68,8344$

Performans Etkinliği

Üretim zamanı: 224.640 dakika

Teorik çevrim zamanı: 1,68 dk /birim

Üretilen hatasız ürün sayısı: 116.525,1 ton

Performans Etkinliği: $[(\text{Üretilen Miktar} * \text{Teorik Çevrim Zamanı} * \text{Üretim Zamanı})] * 100 = 87,1448695$

Kaliteli Ürün Oranı

Kaliteli ürün oranı: $[(\text{Üretilen miktar}-\text{Hatalı miktar} - \text{Yeniden işlenen miktar}) / (\text{Üretilen miktar})] * 100 = 93,0481$

Toplam Ekipman Etkinliği

Toplam Ekipman Etkinliği= Kullanılabilirlik *Performans Etkinliği* Kalite Seviyesi

Toplam Ekipman Etkinliği= $(0,688344*0,871448695*0,930481) * 100$

Toplam Ekipman Etkinliği= %55,8155

RAMÖZ3 Makinası İçin Toplam Ekipman Etkinliği:**Kullanılabilirlik**

Toplam Çalışma Süresi =224.640 dakika

Toplam Plansız duraklamalar = 59.735,4 dakika

Net Üretim Zamanı: $(224.640 - 59.735,4) = 164.904,6$ dakika

Kullanılabilirlik: $[(\text{Net Üretim Zamanı}/\text{Üretim Zamanı})] * 100 = 73,4084$

Performans Etkinliği

Üretim zamanı: 224.640 dakika

Teorik çevrim zamanı: 0,11 dk /birim

Üretilen hatasız ürün sayısı: 1.755.187,2ton

Performans Etkinliği: $[(\text{Üretilen Miktar} * \text{Teorik Çevrim Zamanı} * \text{Üretim Zamanı})] * 100 = 85,9467$

Kaliteli Ürün Oranı

Kaliteli ürün oranı: $[(\text{Üretilen miktar}-\text{Hatalı miktar} - \text{Yeniden işlenen miktar}) / (\text{Üretilen miktar})] * 100 = 93,34470$

Toplam Ekipman Etkinliği

Toplam Ekipman Etkinliği= Kullanılabilirlik *Performans Etkinliği* Kalite Seviyesi

Toplam Ekipman Etkinliği= $(0,734084*0,859467*0,9334470) * 100$

Toplam Ekipman Etkinliği= %58,8931

**Tablo 5. RAMÖZ3 invertör arızası için AAOS değerleri**

İnvertör Arızası			
Arıza (tarih)	Arıza (saat)	AAOS (Saat)	Saat bazında arıza oluşumu
1.01.2016	00:00:00		
25.01.2016	13:12:39		517,21
30.05.2016	14:03:34	2616,84	3134,05
2.08.2016	14:45:51	1344,70	4478,76
26.07.2017	10:15:25	7387,49	11866,25
7.08.2017	18:53:20	272,63	12138,88
6.09.2017	09:38:40	638,75	12777,64
20.10.2017	14:22:51	940,73	13718,38
28.10.2017	00:52:04	178,48	13896,86
27.11.2017	13:33:26	636,68	14533,55
8.01.2018	11:36:00	886,04	15419,6
19.01.2018	18:00:00	270,4	15690
22.01.2018	11:45:00	65,75	15755,75
5.03.2018	22:51:00	899,1	16654,85
2.04.2018	12:42:00	589,85	17244,7
1.06.2018	17:21:00	1276,65	18521,35
8.08.2018	20:15:11	1418,90	19940,25
8.08.2018	22:14:19	25,98	19966,23
27.08.2018	13:19:25	399,08	20365,32
7.09.2018	07:29:11	258,16	20623,48
10.09.2018	10:15:40	74,77	20698,26
18.10.2018	02:11:01	807,92	21506,18
10.11.2018	00:18:23	502,12	22008,30
4.12.2018	15:22:46	519,07	22527,37
18.12.2018	00:13:01	296,8375	22824,21
24.12.2018	17:03:11	160,83	22985,05

Tüm kritik makineler ve kritik arızalar için AAOS değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin dağılımları Input Analyzer yardımıyla belirlenmiştir. Bir makinedeki gerçekleşen bir arızanın dağılımı ile elde edilen ortalama, kritik makinenin arızaya geçecek ortalama zamanını göstermektedir. Tablo 6'de kritik makine ve arızalar için bulunan dağılımlar ve bakım periyodları verilmiştir.

Tablo 6. AAOS dağılımları ve bakım periyodları

Makineler	Arızalar	AAOS Dağılımları ve Parametreleri	Örnek Ortalama (saat)	Bakım Periyodları (gün)	Bakım Kodları
PMM303	Pompa	9 + WEIB(416, 0.747)	511	21	B1
PMM455	Pompa	24 + EXPO(914)	938	39	B1
PMM303 PMM304 PMM455	Buhar	6 + GAMM(573, 0.731)	425	17	B1
	Dozajlama	29 + WEIB(391, 0.743)	500	20	B2
SANT1	Fren	24 + WEIB(148, 0.588)	242	10	B1
	Kayış	42 + EXPO(843)	845	35	B2
RAMÖZ3	İnvertör	25 + WEIB(775, 0.776)	936	39	B1
	Kapak	25 + WEIB(617, 0.736)	778	32	B2
	Palet	24 + WEIB(367, 0.682)	486	20	B3
	Hava Hortumu	24 + EXPO(472)	496	20	B4
DİKİŞMAK	Dikiş	25 + LOGN(375, 1.53e+003)	252	10	B1
	İğne	3 + LOGN(162, 260)	157	6	B2
	Kablo	4 + EXPO(368)	372	15	B3
	Kayış	26 + LOGN(723, 3.93e+003)	359	14	B4

AAOS dağılımları weibull, üstel, gamma, normal ve lognormal dağılımlar ile modellenebilir. Bu dağılımlar, periyodik bakım planlaması için uygun dağılımlardır. Bu nedenle tesise önerilebilecek bakım politikası, periyodik bakım politikasıdır. Kritik makineler için öngörülen, belirlenen kritik arıza oluşmadan önce bakım çalışmalarının gerçekleşmesidir. Elde bulunan geçmişe dönük arıza verileri baz alınarak oluşturulan periyodlar ile iki bakım periyodu arasında oluşabilecek ani arızaların minimizasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. Tüm kritik makinelerin kritik arızaları için bakım periyodlarına bağlı olarak bakım çizelgeleri oluşturulmuştur. Örnek olarak bakım periyodları belirlenen RAMÖZ3 makinesinin palet arızası için oluşturulan bakım çizelgesinin bir bölümü Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. RAMÖZ3 Palet arızası bakım çizelgesi

Makine	Arıza Türü	Bakım Tarihleri	Bakım Kodu	Bakım Türü	Bakım Talimatları
RAMÖZ3	Palet Problemi	15.01.2020	B3	Paletlerin Yıkınması	<ul style="list-style-type: none"> •Bütün paletler sökülür ve uygun bir kaba yerleştirilir. •Palet yıkama kimyasalı 1-20 oranında sulandırılır. •Kabin buhar ile ısıtılması sağlanır ve 30 dakika kaynatılır. •Kaynama işlemi bittikten sonra üzerinde hiçbir kimyasal kalmayacak şekilde durulanır.
RAMÖZ3	Palet Problemi	4.02.2020	B3	Paletlerin Yıkınması	<ul style="list-style-type: none"> •Bütün paletler sökülür ve uygun bir kaba yerleştirilir. •Palet yıkama kimyasalı 1-20 oranında sulandırılır. •Kabin buhar ile ısıtılması sağlanır ve 30 dakika kaynatılır. •Kaynama işlemi bittikten sonra üzerinde hiçbir kimyasal kalmayacak şekilde durulanır.
RAMÖZ3	Palet Problemi	24.02.2020	B3	Paletlerin Yıkınması	<ul style="list-style-type: none"> •Bütün paletler sökülür ve uygun bir kaba yerleştirilir. •Palet yıkama kimyasalı 1-20 oranında sulandırılır. •Kabin buhar ile ısıtılması sağlanır ve 30 dakika kaynatılır. •Kaynama işlemi bittikten sonra üzerinde hiçbir kimyasal kalmayacak şekilde durulanır.

**Tablo 8.** Tüm kritik makineler için hazırlanan 1 aylık bakım planı

MAKİNE TARİH	PMM303	PMM455	ORTAK	SANTI	RAMÖZ3	DIKIŞMAK
1.01.2020						
2.01.2020						
3.01.2020						
4.01.2020						
5.01.2020						
6.01.2020						B2
7.01.2020						
8.01.2020						
9.01.2020						
10.01.2020				B1		B1
11.01.2020						
12.01.2020						
13.01.2020						
14.01.2020						
15.01.2020						B3
16.01.2020						B4
17.01.2020			B1			
18.01.2020						
19.01.2020						
20.01.2020			B2		B3/B4	
21.01.2020	B1					
22.01.2020						
23.01.2020						
24.01.2020						
25.01.2020						
26.01.2020						
27.01.2020						
28.01.2020						
29.01.2020						
30.01.2020						
31.01.2020						
1.02.2020					B2	

Tablo 6’da verilen arızalar ve arızalara uygulanacak bakım kodları, oluşturulan bakım planının 1 aylık periyodunda bakım yapılması gereken makineler ve bakım tarihlerine göre Tablo 8’de gösterilmiştir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmada bir tekstil işletmesine ait boyahane bölümü içindeki potansiyel hatalar tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen FMEA analizi sonucunda RÖS değeri 100'den büyük olan hatalar kritik hata olarak belirlenmiştir. Bu hatalar HT birimi, Santrifüj birimi ve Kurutma biriminde gerçekleşmektedir. Kritik makinelerin hangileri olduğunu tespit etmek için kritik hataların hangi makinelerde gözlemlendiği grafik yardımıyla ortaya konulmuştur. Sonuç olarak HT birimindeki PMM455, PMM303, PMM304, DİKİŞMAK, Santrifüj birimindeki SANT1, Kurutma birimindeki RAMÖZ3'ün kritik arızaları gösteren kritik makineler olduğu sonucuna varılmıştır. Uygulamanın bakım planlaması aşamasında ise, öncelikle bütün makinelerin tüm arızaları için dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Fakat veri yetersizliğinden dolayı bazı çalışma prensipleri aynı olan makineler için ortak oluşan bazı arızaların geçmişe dönük verileri ortak bir zaman çizelgesinde alınmıştır. Makinelerin periyodik bakım politikasına uygun oldukları; oluşturdukları dağılımlar ile kanıtlanmıştır. Dağılımlar ile elde edilen ortalamalar, kritik makinelerin arıza yapmadan geçecek ortalama zamanlarını göstermektedir. Ayrıca bu işlemler, FMEA analizinde oluşma sıklıkları yüksek, şiddetleri daha düşük değerlendirilen arızalar için de tekrarlanmıştır. Burada amaç, küçük periyotlara bağlı arızaların bakım planlanmasının oluşturulmasıdır. Diğer değerlendirmeler ile birlikte sonuç olarak, tüm kritik makineler ve arızalar için periyodik bakım planları oluşturulmuştur. Çalışmanın tekstil sektöründe uygulama örneği sunarak literatüre katkı sağladığı düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Köksal, M. 2015. Bakım Planlaması.
- [2] Eryürek, Ö.F. ve Tanyaş, M. 2003. "Hata Türü ve Etkileri Analizinde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı", İTÜ Dergisi
- [3] [Sharma, R.](#) , [Kumar, D.](#) ve [Kumar, P.](#) 2005. "Bulanık dilbilimsel modelleme kullanılarak sistematik arıza modu etki analizi (FMEA)", [Uluslararası Kalite ve Güvenilirlik Yönetimi Dergisi](#) , vol. 22, no. 9, p. 986-1004.
- [4] Ford Motor Company, 1988; Field ve Swift, 1996; Mil-Std, 1980.
- [5] Muchiri, P. ve Pintelon, L. 2008. "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE)"
- [6] Temiz, İ. , Atasoy, E. ve Sucu, A. 2010. "Toplam Ekipman Etkinliği ve Bir Uygulama", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi" , cilt 12, sayı 4, s. 49-60.