

TEK NOKTA DERS TEKNİĞİNİN SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASINDA

APPLICATION OF ONE POINT LESSON TECHNIQUE IN INDUSTRY ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT STUDY

Öğr. Gör. Ceyda KOCABAŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Üretimde Kalite Kontrol Programı.
Ceyda.pak@bilecik.edu.tr

Doç. Dr. Ahmet Fevzi SAVAŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Alternatif Enerji Kaynakları Teknolojisi.
Ahmetfevzi.savas@bilecik.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yapılan enerji verimi iyileştirme çalışması konu edilmiştir. Distilasyon prosesi için FMEA (Hata modu etkileri analizi) tablosu hazırlanarak enerji tüketimini artıran veya kayıplara neden olan riskler belirlenmiştir. Özellikle eşanjörlerde yaşanabilecek enerji kayıplarına ve risklere ait FMEA tablosu ortaya konmuştur. FMEA sonuçları incelendiğine eşanjörlerdeki geç ısınma probleminin en yüksek riske sahip olduğu görülmüştür. Süreç iyileştirme araçlarından biri olan tek nokta dersi kullanılarak problem için getirilen çözüm önerisi görselleştirilmiş ve eğitim dokümanı olarak firmanın kullanımına sunulmuştur. Yapılan iyileştirme faaliyetleri neticesinde RÖS değeri tekrar hesaplanmış ve 108'den 72'ye düştüğü gözlenmiştir. Bu çalışma FMEA ve Tek nokta dersinin enerji iyileştirme çalışmalarında nasıl uygulanacağını göstermektedir. Kullanılan yöntemler sayesinde hem enerji veriminde artış sağlanmış hem de enerji alanındaki iyileştirmelere yönelik daha sistematik ve bilimsel bir çalışma disiplini ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimi, HTEA, Tek nokta dersi, Sürekli iyileştirme, Kaizen

ABSTRACT

In this study, an energy efficiency improvement study in a textile company has been discussed. FMEA (Failure mode effects analysis) technique was used and the risks that increase energy consumption or cause losses were determined in the distillation process. FMEA table had been developed particularly for energy losses and risks that may occur in heat exchangers. When FMEA results were examined, it was seen that the problem of late heating of heat exchangers has the highest risk. The solution proposed for this problem was visualized using the one point lesson technique and presented to the use of the company as a training document. As a result of the improvement activity, the value of the risk priority indicator was calculated and decreased from 108 to 72. This study shows how FMEA and one point lesson can be applied in energy improvement studies. With the methods used, both energy efficiency had been increased and a more systematic and scientific work discipline had been put forward for energy improvements.

Key Words: Energy Efficiency, FMEA, One Point Lesson, Energy Improvement, Kaizen

GİRİŞ

Sanayide enerji harcamaları, işletmelerin toplam giderleri içerisinde önemli bir paya sahiptir. Ülkeler sanayi sektöründe rekabet güçlerini arttırabilmek için daha ucuz ve kaliteli enerji elde etmek amacıyla uzun vadeli politikalar belirlemeye çalışmaktadırlar. Ülkemiz nihai enerji tüketimi içinde yaklaşık %34'lük tüketim payına sahip olan sanayi sektörü, hem yüksek enerji tasarrufu potansiyeli, hem de tüketildiği enerjinin tümüne yakınının ticari enerji olması nedeniyle enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikli alandır (Mumlu, 2008).

Bir tesiste üretim devam ettiği sürece sürekli bir maliyet kavramı söz konusu olacaktır. Dolayısıyla işletmeler üretim yaparken, bu üretimi kaynakları daha etkin kullanarak gerçekleştirmek durumundadırlar. Girdilerin verimli kullanılması ile maliyetler arasında çok büyük bir ilişki bulunmaktadır. Genelde bakıldığında üretim maliyetleri içerisinde enerji maliyeti önemli bir paya sahip durumdadır. Kalite yönetiminin maliyeti düşürme hedefi, enerji verimliliği çalışmalarındaki amaç ile örtüşmektedir. Enerji verimliliği çalışmaları ile aynı miktar üretilen ürün için daha az enerji girdisi kullanılması hedeflenmekte böylelikle maliyet düşürülebilmektedir (Çarkacı, 2014).

Enerji tasarrufu belli davranışları yerleştirerek, iyileştirme yöntemleri uygulayarak, enerji verimli yeni teknolojiler kullanarak, atık madde ve enerji içerikli gaz ve sıvıları değerlendirerek, üretimden veya konfor şartlarından fedakârlık yapmadan enerjiyi daha etkin kullanmaktır (Mumlu, 2008). Sanayide enerji verimliliği ise daha geniş bir biçimde şu şekilde tanımlanır; gaz, buhar, ısı, hava, elektrik vb. enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımını ve değerlendirilmesini sağlamak, ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltmak, daha verimli enerji kaynakları kullanmak gibi etkinliği artırıcı faaliyetlerde bulunmaktır (Özbakır, 2006). Ekonomik olarak, enerji verimliliğinin artırılması, ilave yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak yatırımlardan daha caziptir. Ülke ekonomisine katkısının yanı sıra, tesis bazında enerji tasarrufu ile üretim kademelerinde enerji tüketiminin azaltılması ve böylece mamul maddenin üretimindeki maliyetlerin düşürülmesi sağlanabilecektir (Mumlu, 2008).

Bu çalışmada bir sanayi tesisinde distilasyon prosesi sırasında enerji tüketim miktarını arttırabilecek veya kayıplara neden olabilecek durumlar FMEA (hata türleri ve etkileri analizi) tekniği uygulanarak tespit edilmiştir. Eşanjörlerle ilgili kısma odaklanılarak Risk öncelik sayıları (RÖS) hesaplanmıştır. En yüksek RÖS değerine sahip risk seçilerek iyileştirme önerisinde bulunulmuştur. Yapılan iyileştirme tek Nokta Dersiyle görselleştirilerek eğitim dokümanı olarak firmaya kazandırılmıştır. İyileştirme sonrasında RÖS değeri yeniden hesaplanmış ve riskin kritik değerden orta değere düştüğü gözlemlenmiştir.

1. SÜREKLİ İYİLEŞME - KAİZEN

Kaizen sürekli gelişmeyi ifade etmektedir. Japonca'da Kai: Değişim, Zen: iyi, daha iyi anlamına gelir. Bu iki sözcüğün birleşmesi ile oluşan Kaizen "herkesi kapsayan sürekli iyileştirme" anlamında kullanılmaktadır. Bu kelime ayrıca bir felsefeyi ve bir yaşam biçimini de beraberinde ihtiva etmektedir: "Her geçen günün bir öncekinden daha iyi olması için evde, işte ve sosyal yaşamda sürekli çaba sarf etmek". Sürekli iyileştirme; düşünce ve davranış olarak çalışan herkesin, her durumu tartışmaya açması ve sonra bunu iyileştirmenin yollarını aramasıdır (Avdallar, 2009).

Kaizenin amacı; proseslerde küçük değişiklik ve iyileştirmelerle, sonucun iyileştirilmesini sağlamaktır. Ürün kalitesini arttırmak için değişkenliğin kontrolü ve hata tekrarının önlenmesi önem arz etmektedir. Tam zamanında (JIT) üretim sistemi, fabrika içinde yapılan zaman israfı ya da katma değeri olmayan faaliyetlerin teker teker bulunması ve ayıklanması yaklaşımıdır. İşletmeler, elde bulunan personel, enerji, malzeme ve ekipman gibi kaynaklardan fazla ek harcama yapmadan en iyi şekilde faydalanabilmelidir (Çavuşoğlu, 2006).

Toplam kalite yönetimi, bir kuruluşun tüm faaliyetlerinde kaliteyi yükseltmeyi hedefler ve böylece tüm aşamalar boyunca oluşabilecek muhtemel hataları önlemeye odaklanır. Hataların önlenmesi ile fire, ıskarta, ikinci kalite ürün, gereksiz stoklar, zaman ve enerji kayıpları, teslimattaki gecikmeler azalır. Bütün bunların sonucu maliyetler düşer ve müşterilerin beklentileri tam olarak karşılanmış olur (Hoyur, 2001).

Kalite araçları ve problem çözme teknikleri bazı mantıksal ve istatistiksel bilgilerden yola çıkarak problemlerin görüntülenmesi ve çözülmesi düşüncesi ile geliştirilmiş yaklaşımlardır. Problemin kaynağına inerek, problemin sebeplerini ve toplam dağılım içindeki paylarını, ortaya çıkma olasılıklarını ve optimum çözümü belirlemeyi hedef alırlar (MEB, 2011).

1.1 Tek Nokta Dersi

Sürekli iyileştirme tekniklerinden bir tanesi de tek nokta dersi. Tek nokta dersi; tek bir nokta hakkında bilgi veren, basit ve yalın bir dille hazırlanmış, iletişim aracı olarak kullanılabilir, çizimli ya da resimli eğitim dokümanıdır (İsak, 2007).

Tek nokta dersi; tek sayfada, 5-10 dakikalık zaman içerisinde tek bir etkili fikri aktarmak için kullanılmaktadır. Tek nokta dersinin etkili olabilmesi için yeterince görsel hazırlanmalı; resim, grafik ve çizimlerle desteklenmelidir. Verilen açıklamalar ise kısa ve hedef odaklı olmalı, uzun ifadelerden mümkünse kaçınılmalıdır (İsgdergi, 2016).

Birçok üretim tesisinde, iş talimatlarının yanlış yorumlanması yaygın bir sorundur. Bu yanlış yorumlama, kalite hatalarına, üretim ve enerji kaybına ve daha da önemlisi güvenlik ve sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Tek nokta dersi hızlı ve tutarlı bir şekilde mesaj iletmenin en etkili yollarından biridir. Tek nokta dersi oluşturma süreci, bir not hazırlamaktan veya bir e-posta göndermekten daha uzun sürebilir, ancak elde edilen sonuçlar daha iyi ve daha sürdürülebilir olacaktır. Hazırlanan tek nokta dersleri şu özellikleri taşımalıdır:

- Belge tek sayfayı geçmemelidir.
- Beş dakikadan daha kısa bir sürede karşıdaki kişiyle iletişim kurabilmelidir.
- Göz alıcı olmalı ve odağı kilit noktalara çekmelidir.
- % 80 oranında resim ve % 20 oranında kelime kullanılarak hazırlanmalıdır.
- Resim ve yazılar açık ve net olmalıdır.
- Tik ve çarpı işaretlerine yer verilerek görsellik artırılmalı, uzun açıklamalar azaltılmalıdır (Lauras International, 2019).

2. FMEA (HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ)

FMEA ürün geliştirme ve imalat planlamasına eşlik eden bütünlük bir risk analizidir. Amacı ürün geliştirme ve imalat planlama safhalarının yeterliliğini sorgulamak ve geliştirmektir. FMEA, önleyici süreç iyileştirme çalışmalarını kapsamında, bir risk analizi ve hata önleme metodu olarak tanımlanmaktadır. FMEA, bir mamulde oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerinin önlenmesi için sistematik olarak yapılan bir analizdir denilebilir. Her tür hata/arızanın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapılır ve bu analizlerin hepsi ürün daha pazara çıkmadan önce, hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleştirilir. Böylece herhangi bir hatanın daha oluşmadan önlenmesi sağlanmaktadır. FMEA, süreç iyileştirmede hangi süreçten ve/veya hatadan başlanacağını belirlemek amacıyla da kullanılabilir (Aran, 2006).

FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi), meydana gelebilecek hataları önceden tahmin ederek önlemeye yönelik güçlü bir tekniktir. Yöntem; sistemin kritik olarak incelenmesi, hataya açık taraflarının bulunması, hatanın yarattığı tehlikelerin derecelendirilmesi, sistemin her bir parçası için her potansiyel hatanın incelenmesi ve sonuçların ne olabileceğinin bulunması olarak dört temel aşamayı içermektedir:

I. Hata türü: Sistemin/prosesin çalışma performansını etkileyebilecek, ürün kalitesini ve verimini düşürebilecek hata veya risklerdir.

II. Olası hata sebebi: Belirlenen hata türünün ortaya çıkmasındaki nedenlerdir.

III. Hatanın muhtemel etkisi: Hata ortaya çıktığında nerelerde ne gibi etkilere yol açacaktır.

IV. Hatanın saptanabilirliği: Hata meydana geldiğinde bunun nasıl/hangi araç gereçlerle fark edildiğidir.

FMEA ile hatalar incelenirken üç gösterge göz önünde bulundurulur. Bunlar:

a) Olasılık: Hatanın ortaya çıkma frekansı

b) Şiddet: Hatanın ortaya çıktığındaki etkisi

c) Saptanabilirlik: Hatanın tespiti, fark edilmesi

Şiddet, olasılık, saptanabilirlik göstergelerine sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Bugün uygulamalarda sıkça kullanılan iki aralık 1–5 ve 1–10 aralıklarıdır. 1–5 aralığının kullanılması

yorumlama kolaylığı sağlamasına rağmen duyarlılık yönünden yetersiz kalmaktadır. Yaygın olarak kullanılan aralık 1–10 aralığıdır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar ve sözel ifadeler işletmelerin yapısına ve müşterilerin beklentilerine göre değişmekle beraber genellikle Tablo 1 ve Tablo 2' de verilen derecelendirme yaklaşımı kullanılmaktadır.

Tablo 1. Olasılık, Şiddet, Keşfedilebilirlik derecelendirme ölçeği (Büyüktuna, 2012).

Ölçekler	Parametreler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Olasılık	Hatanın oluşması olası değil..... Hata oluşacak									
Şiddet	Hata ciddi değil..... Hata son derece ciddi									
Saptanabilirlik	Hata bulunacak..... Hata bulunmayacak									

Tablo 2. Hataların ortaya çıkma olasılığı ve puanı (Türkan ve Görener, 2017).

Hatanın Olasılığı	Puan	Şiddet Etkisi	Puan	Saptanabilirlik Olasılığı	Puan
1/2'den fazla	10	Uyarısız gelen yüksek tehlike	10	Fark edilemez	10
1/3	9	Uyarısız gelen tehlike	9	Çok az	9
1/8	8	Çok yüksek	8	Az	8
1/20	7	Yüksek	7	Çok düşük	7
1/80	6	Orta	6	Düşük	6
1/400	5	Düşük	5	Orta	5
1/2000	4	Çok düşük	4	Yüksek ortalama	4
1/15000	3	Küçük	3	Yüksek	3
1/150000	2	Çok küçük	2	Çok yüksek	2
1/150000'den düşük	1	Yok	1	Kesin	1

2.1 Risk Öncelik Sayısı (RÖS)

Her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MILSTD 1629A (1984)'da kritiklik “Hata türü ve onun ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının görelî ölçüsüdür” şeklinde tanımlanmaktadır. Kritikliği belirleyen ölçüt, kritiklik sayısı veya onun eşdeğeri olan risk öncelik sayısıdır (MIL- STD, 1984). RÖS değeri; Şiddet, Olasılık ve Saptanabilirlik değerlerine atanan değerlere çarpma işleminin uygulanması ile hesaplanır ve 1'den 10' a kadar değer aldıklarından RÖS' ün değeri 1 ile 1000 arasında değişecektir. Bu sayı hesaplanarak, öncelikle ele alınması gereken hata kaynakları belirlenir ve düzeltici faaliyetler bu sıraya göre gerçekleştirilir. Amaç, RÖS' ü 1'e doğru çekmek için çeşitli önleyici faaliyetler geliştirmektir (Baysal ve diğ., 2002).

Risk Öncelik Sayısı (RÖS) = Oluşma Olasılığı x Şiddet x Saptanabilirlik

FMEA tekniğinde, hata türleri risk düzeylerine göre sıralanmakta, en yüksek önceliğe sahip hata türlerinden başlanarak önlemler belirlenmektedir. Sisteme ilişkin iyileştirme çerçevesi adım adım oluşturulmaktadır. FMEA uygulama aşamaları şu şekilde ifade edilebilir:

- Başlangıç çalışmaları,
- Tehlike kaynaklarının ve tehlikelerin belirlenmesi
- Olası hata etkilerinin, nedenlerinin ve mevcut kontrollerin belirlenmesi
- Olasılık, şiddet, tespit ve RÖS değerlerinin belirlenmesi,
- RÖS' e göre hataların sıralanması, alınacak önlemlerin belirlenmesi

- Öngörülen önlemlerin hayata geçirilmesinin ardından RÖS değerlerinin yeniden hesaplanması (Türkan ve Görener, 2017).

RÖS hesaplaması için ifade edilen üç faktörün çarpılmasıyla elde edilen sayının büyüklüğü, değerlendirme için en önemli kriterdir. Tablo 3'te risk öncelik sayısına ilişkin değerlendirme ölçeği verilmiştir (Kahraman ve Demirer, 2010).

Tablo 3. RÖS değerlendirme ölçeği.

RÖS Değeri	Önem Durumu
$RÖS < 40$	Önem almaya gerek yok.
$40 \leq RÖS \leq 100$	Önem alınabilir.
$RÖS > 100$	Kesinlikle önem alınması gereklidir.

3. ENERJİ ALANINDA YAPILAN FMEA ÖRNEKLERİ

FMEA üründe ve proseste oluşabilecek hataları tespit ederek riskleri belirlemede yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Enerji iyileştirme uygulamalarında da rahatlıkla kullanılabilir. Enerji alanında FMEA tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Akbaş ve arkadaşları (2018), bir otomobil montaj tesisinin (pres, gövde, boyahane ve montaj bölümlerinde oluşan) üretim değerlerine karşılık gelen enerji tüketimlerini incelemişlerdir. Tesis genelinde, enerjinin yoğun kullanıldığı sistemleri tespit etmiş ve verimliliğin artırılması için yapılabilecek çalışmaları belirlemişlerdir. Pompa verimliliklerine, fan verimliliklerine, chiller performansına, fırınların analizlerine, buhar kazanı verim analizine ve basınçlı hava sisteminin verimliliğine yönelik ölçümler yapmış ve ölçüm sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Tespit edilen, kayba neden olan noktalar, bu noktalardan ne kadar kayıp gerçekleştiği ve bu kaybın telafisi için gerekli yatırım ihtiyaçları ve fiyat bilgileri konusunda önerilerde bulunmuşlardır. Gerekli görülen alanlarda iyileştirmeler yaparak yatırımların geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır (Akbaş ve diğ., 2018).

Mutlu ve arkadaşları (2016), FMEA yönteminin İstanbul, Türkiye'deki atıksu arıtma tesisinde kojenerasyon ünitesine uygulanmasını göstermek için gerçek bir vaka çalışması yapmışlardır. Olası hatalar uzmanların görüşlerine ve sistemde meydana gelen arızaları kaydeden sistem veritabanına dayanarak belirlemişlerdir. Termal yağ ısıtma sistemi ve türbin sistemi için FMEA yöntemini uygulayarak, arızaları risk öncelik numarasına göre sıralamışlardır. Çalışmanın sonuçları, bir atık su arıtma tesisinde kojenerasyon sisteminde FMEA'nın başarılı bir şekilde uygulanmasıyla olası kazaların azaltılabileceğini göstermektedir (Mutlu ve diğ., 2016).

Suresh ve arkadaşları (2014), hata türü ve etki analiz (FMEA) tekniğini kullanarak, entegre bir çelik tesisinde yüksek fırındaki riskleri iş güvenliği açısından değerlendirmişlerdir. Risk önceliği sayısını hesaplayarak ilgili riskler için güvenlik önlemlerini sunmuşlardır. Önerilen güvenlik önlemlerinin, arıza oluşumunu önleyebileceğini ve yüksek fırın çalışanlarını ölümcül kaza ve yaralanmalardan koruyabileceğini belirtmişlerdir (Suresh, 2014).

Kumar ve arkadaşları (2014), FMEA metodunu kazanlardaki su tüplerine uygulamışlardır. Tesiste sürekli enerji üretimini sağlamak amacıyla arıza ve spesifik güç tüketimini azaltmaya çalışmışlardır. Kazanda birçok kritik arıza modu olduğunu tespit ederek özellikle su tüplerinde meydana gelen arızalara odaklanmışlardır. Bu doğrultuda son üç yılda, su tüplerinde oluşan arıza türlerini ve sayılarını ortaya koymuşlardır. Bu arızaların nedenlerini tespit ederek risk öncelik katsayısını hesaplamışlardır. Daha sonra önerilen iyileştirmelerle bu katsayının 315 'ten 216 'ya düştüğünü belirtmişlerdir (Kumar, 2014).

Literatürü değerlendirdiğimizde; çalışmaların genellikle kazan, fırın, ısıtma sistemi, türbin gibi enerjinin yoğun kullanıldığı ekipmanlar ve sistemler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlarda ortaya çıkabilecek arıza ve hataların nedenlerinin FMEA (hata türleri ve etkileri analizi) tekniği ile araştırıldığı ve çözüm önerilerinin sunulduğu görülmektedir.

4. DİSTİLYASYON PROSESİ EŞANJÖRLERİNDE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASI

Tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada koagülasyon prosesindeki enerji tüketim noktaları incelenmiştir. Koagülasyon prosesi iş akışı şöyledir: Öncelikle üretiminde dışarıdan hazır olarak temin edilen bez koagülasyon hattına

doğru hareket ettirilir. Daha sonra silindirler vasıtasıyla koagulyasyon banyosunun içerisinden geçirilerek bezin kaplanması sağlanır. Kaplanan bez, ilerleyen banyolarda su kullanılarak yıkanır. Koagulyasyon banyosundan çıkan DMF ve su karışımı ise arıtılmak ve yeniden kullanılmak üzere distilasyon prosesine gönderilir.

Bu çalışmada, enerji verimi iyileştirme çalışmaları kapsamında distilasyon prosesi için FMEA tablosu hazırlanmıştır. Bu proseslerde üretim hattında kullanılan enerji tüketen makine ve ekipmanlarda meydana gelebilecek hatalar, riskler proses akışı boyunca incelenmiştir. Bu hataların üretime, enerji verimine olan etkileri araştırılmıştır. Bu risklerin meydana gelme olasılıkları ve risklerle ilgili herhangi bir tedbir alınıp alınmadığı ortaya konmuştur. Son olarak hatanın/riskin nasıl tespit edildiği belirtilerek Risk ncelik Sayıları hesaplanmıştır.



Hazırlanan FMEA tablosunun distilasyon prosesinde kullanılan eşanjrlerle ilgili olan kısmı Tablo 4 'te verilmiştir. şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerlerlerinin derecelendirilmesinde 1-10 arası ölçeklendirme tablosu kullanılmıştır. Bu doğrultuda şiddet, olasılık ve saptanabilirliğe yönelik 1 ile 10 arasında puanlar verilmiştir. şiddet derecesi, hoşnutsuzluğa, enerji tüketime artmasına, tamir masraflarına, can güvenliğinin tehlikede olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir. Olasılık değeri, firmada bu riskle bu zamana kadar hangi sıklıkta karşılaşıldığı araştırılarak tespit edilmiştir. Firmada bu riskle karşılaşılırsa bu riskli durumun hangi metotla veya hangi ölçüm aletleriyle tespit edildiğini ortaya koyarak bu kullanılan yöntemin hatayı tespitteki başarisının bir ölçüsü olarak saptanabilirlik değeri belirlenmiştir. Sonrasında bu üç değer çarpılarak RS puanları hesaplanmıştır. RS puanı 40'ın altında kalanlar önemsiz risk sınıfına girmekte olup yeşil renk ile gösterilmiştir. 40-100 arasında olanlar sarı, 100'den çok olanlar ise kırmızıyla boyanmıştır. İyileştirme çalışmalarına öncelikle yüksek RS puanına sahip kırmızı alanlardan başlanabilir.

Tablo 4. Distilasyon prosesindeki eşanjörlere ait FMEA tablosu.

HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)									
Proses	Makine	Riskler/ İyileştirmeye açık alanlar	Hatanın Nedenleri	Hatanın Etkileri	Yakalama	şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RISK ÖNCELİK SAYISI (RS)
Distilasyon	Isıtma Eşanjörleri	Eşanjörlerin ısıtmaması	Kirlenme	Daha fazla buhar kullanılır, dolayısıyla daha çok doğal gaz tkutilir.	Dereceli göstergelerde görülür.	9	3	4	108
		Buharın içerisine DMF karışması	Kaçak olması	Isıtmayı verimli olmaz, enerji tüketime artar	Bakım sırasında fark edilir.	8	1	3	24
	Soğutma Eşanjörleri	Eşanjörlerin soğutmaması	Soğuk suyun gelmemesi, suyun soğuk olmaması	DMF buharlaşarak kaybolur.	Bakım sırasında fark edilir.	5	3	3	45

FMEA tablosunda ısıtma ve soğutma eşanjörlerinde oluşabilecek riskler sıralanmıştır. Bu risklerin nedenleri, potansiyel etkileri ve oluştuklarında nasıl tespit edildikleri açıklanmıştır. En yüksek puana sahip olan “Eşanjörlerin ısıtmaması” riski üzerine iyileştirme çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Buradaki iyileştirme çalışmasında tek nokta dersi tekniğini kullanmanın uygun olacağı dşnlmştir. Hazırlanan tek nokta dersi Tablo 5'te verilmiştir. Eşanjör temizlendikten sonra elde edilen gelişmeler tek sayfada açıklanarak eğitim dokümanı olarak firmanın kullanımına sunulmuştur.

Tablo 5. Eşanjör temizliği Tek Nokta Dersi.**Tablo 5.** Eşanjör temizliği Tek Nokta Dersi.

Tek Nokta Dersi	Konu:	Eşanjör Temizliği
	Departman:	Distilasyon kulesi
	Oluşturulma Tarihi:	25.04.2019
Mevcut Durum: <ul style="list-style-type: none"> Boruların içindeki hammadde borulara yapıştığı için ısı transferi zorlaşıyor İstenen sıcaklığa ancak 90 dk da ulaşabiliyor 	Gelişmeler: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Isı transfer hızında artış ✓ Solüsyonun daha kısa sürede istenen sıcaklığa ulaşabilmesi ✓ Üretime daha kısa periyotlarla solüsyon gönderebilme ✓ Üretim hızında artış ✓ Enerji tüketiminde azalma Öğrenilen: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Eşanjör temizliği oldukça önemlidir ve gereken periyotlarda yapıldığında enerji daha verimli kullanılabilir ✓ Bakım prosedürü güncellenmiş ve buna eşanjör temizliği eklenmiştir ✓ Temizlik işlemi daha düzenli ve disiplinli hale getirildiğinden yapılan iyileştirme sürekli ve kalıcı olacaktır 	
Hedeflenen Durum: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Eşanjör borularının temizlenmesi ve kalıntıların giderilmesi ➤ İstenen sıcaklığa 80 dk da ulaşabilmesi 		
Ekip Lideri: Ekip Üyeleri:	Bakım teknisyeni Teknisyen yardımcıları	

Yapılan iyileştirme sonrasında, kirlenme kaynaklı ısı transferinin azalmasının önüne geçmek için düzenli ve periyodik temizlik yapılmaya başlanmıştır. Bu nedenle problemin olasılık göstergesi değeri 3'ten 2'ye inmiştir. RÖS değeri tekrar hesaplanmış ve 108'den 72'ye düştüğü Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. İyileştirme sonrası FMEA tablosu.

HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)									
Proses	Makine	Riskler/ İyileştirmeye açık alanlar	Hatanın Nedenleri	Hatanın Etkileri	Yakalama	Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	İyileştirme Sonrası RÖS
Distilasyon	Isıtma Eşanjörleri	Eşanjörlerin ısıtmaması	Kirlenme	Daha fazla buhar kullanılır, dolayısıyla daha çok doğal gaz tüketilir.	Dereceli göstergelerde görülür.	9	2	4	72

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji verimliliği, endüstriyel işletmelerde üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Bu tanımdan yola çıkılarak dünya ve Türkiye'de enerji verimliliği adına birçok araştırma yapılmaktadır (Karyeyen, 2012). Çok sayıda çalışmanın olması enerjinin hayatımızda ne kadar fazla yeri olduğunu göstermektedir. Enerji maliyetlerinin çok yüksek olması da, sanayi tesislerinin ve tüm devlet kuruluşlarının bu yönde çalışmalar yapmasını zorunlu hale getirmiştir (Mumlu, 2008).

Bu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın enerji kullanım noktaları tespit edilerek iyileştirmeye açık alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle firmanın koagülasyon prosesi incelenmiş DMF'nin ayrıştırılmasını sağlayan distilasyon sürecinde kullanılan eşanjörlerden gelen enerji kayıpları ve riskleri üzerine odaklanılmıştır. FMEA tablosu oluşturulmuş ve en yüksek risk puanına sahip olan “Eşanjörlerin ısıtmaması” problemine öncelik verilmiştir. Bu problemin önüne geçmek için süreç iyileştirme alanında ve problem çözüm tekniği olarak kullandığımız araçlardan biri olan tek nokta dersi uygulanmıştır. Problemin çözümü sonrası elde edilen gelişmeler bu teknikte görselleştirilip detaylandırılarak tüm çalışanların anlayabileceği bir eğitim dokümanı haline getirilmiştir. İyileştirme çalışması sonrasında Risk öncelik göstergesi 108'den 72 değerine düşmüştür. Bu çalışmada FMEA ve tek nokta dersi teknikleri bir arada kullanılarak enerji veriminde iyileşme sağlanmıştır. Böylece enerji yönetimi çalışmalarında daha bilimsel, görsel ve disipline edilmiş bir yaklaşım literatüre kazandırılmış olacaktır. Ürettiği ürüne/hizmete ve bulunduğu sektöre bağlı olmaksızın enerjinin kullanıldığı tüm kuruluşlarda bu ve benzer iyileştirme teknikleri rahatlıkla uygulanabilir. Bu çalışma bu anlamda yapılabilecek diğer çalışmalara da örnek teşkil edecektir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda eşanjörlerdeki kirlenme problemine daha köklü çözüm önerileri sunulabilir ve “Eşanjörlerin ısıtmaması” problemini daha erken tespit edecek düzenekler geliştirilebilir. Böylece RÖS değeri daha da aşağıya çekilebilir. Ayrıca FMEA tablosunda sıralanan diğer riskler içinde öneriler geliştirilebilir.

Proje Destekleri

Bu çalışma, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2019-01.BŞEÜ.07-01, 2019)

KAYNAKÇA

[1] Akbaş B., Kaya D., Eyidoğan M. (2018). “Bir Otomobil Montaj Fabrikasının Enerji Tüketim Analizi ve Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, *Mühendis ve Makina*, cilt 59, sayı 691, s. 85-100, Nisan-Haziran.

[2] Aran G. (2006). “Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama”, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.

- [3] Avdallar V. (2009). “*Otomotiv Endüstrisi için Kalite Yönetim Sistemleri*”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [4] Baysal M. Em., Canıyılmaz E., Eren T. (2002). “*Otomotiv Yan Sanayiinde Hata Türü ve Etkileri Analizi*”, *Teknoloji*, Yıl 5, Sayı 1-2, 83-90.
- [5] Büyüktuna O. (2012). “*Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Makine Sanayinde Bir Uygulama*”, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- [6] Çarkacı E. (2014). “*EÜAŞ Ambarlı Fuel Oil ve Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde Kalite Yönetim Sisteminin Uygulaması ve Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi*”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [7] Çavuşoğlu İ. (2006). “*Modern Kalite Yönetim Sistemlerinin Endüstriyel Uygulamalarında Proses Performanslarının Değerlendirilmesi ve Sürekli İyileştirilmesi*”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [8] Hoyur G. (2001). “*Sıfır Hata ve Hata Önleme Tekniği olarak Poka Yoke*”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Proje 1, İstanbul.
- [9] İsak H. (2007). *Nokta Dersi Eğitimi*, http://tpmrehberi.com/wp-content/uploads/2018/07/nokta_dersi_e_itimi.pdf, (01.09.2019).
- [10] İsgdergi. (2016). *Tek Nokta Dersi*, <http://isgdergi.com/genel/tek-nokta-dersi-one-point-lesson-opl>, (01.09.2019).
- [11] Kahraman, Ö. ve Demirer, A. (2010). “OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 53-68.
- [12] Karyeyen S., Aksoy M. H., Özgören M., Koçak S. (2012). “Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği”, Mevlana Kalkınma Ajansı Bölgesel Araştırma raporları Serisi, No:5.
- [13] Kumar M., Kumar A., Sharma V. (2014). “Risk Analysis of Water Tubes in Boiler using FEMA”, *International Journal of Engineering Sciences Paradigms and Researches*, Vol: 12, Issue 01 , March. [Lauras](http://www.laurasinternational.com/one-point-lessons)
- [14] İnternational. (2019). *One Point Lessons*, <https://www.laurasinternational.com/one-point-lessons>, (01.09.2019).
- [15] MEB. (2011). *Okullarda Süreç Yönetimi*. MEB Yayınları, Ankara.
- [16] MIL- STD 1629 A (revised). (1984). “*Procedures for performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis, Department of Defence*”, USA.
- [17] Mumlu G. (2008). “*Enerji Yönetim Sistemi ve Bir Sanayi Tesisinde Enerji Yönetimi Uygulaması*”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [18] Mutlu N. G., Altuntas S., Türkoğan İ. (2016). “*Failure Modes and Effects Analysis for Cogeneration Unit in a Wastewater Treatment Plant*”, ICENS International Conference on Engineering and Natural Science, 24-28 May, Sarajevo.
- [19] Özbakır P. (2006). “*Enerji Yönetimi*”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [20] Suresh R., Sathyanathan M., Visagavel K., Rajesh Kumar M. (2014). “Risk Assessment for Blast Furnace Using FMEA”, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Volume: 03 Special Issue: 11, June.
- [21] Türkan T. ve Görener A. (2017). “Süreç İyileştirme: Vasıflı Çelik Üretim Sektöründe Bir Uygulama”, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 23-40.