



Hata Türü Etkileri Analizi Ve Kalite Araçları Kullanılarak Bakır Profil Üretim Verimliliğinin Artırılması

Productivity Improvement By Using Failure Mode Effects Analysis And Quality Tools In Copper Profile Production

Tansu Arif DAYAN^{1,*}, Alpaslan FIĞLALI¹

¹ Endüstri Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Kampüsü, Kocaeli, 41380, Türkiye

Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 05/10/2018

Kabul Tarihi : 27/12/2018

Anahtar Kelimeler

Bakır,
Güvenilirlik,
HTEA,
Toplam Kalite Yönetimi,

Özet

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ürün ve süreçlerdeki potansiyel hata kaynaklarının belirlenerek, ortadan kaldırılması için yaygın olarak kullanılan bir kalite geliştirme yöntemidir. Yöntem birçok kalite aracıyla beraber kullanılmakta ve kapsamlı bir iyileştirme öngörülmektedir. Bu çalışmada bakır profili üretimi yapan bir firmada verim düşüklüğü tespit edilen kritik bir prosesin iyileştirilmesi için uygulanan Pareto analizi, 5N analizi, Neden-Sonuç (Balık Kılçığı) diyagramı ve gerçekleştirilen HTEA süreci anlatılmaktadır. Temel sorun; sürecin başlangıç aşaması olan dökümün takozlar halinde kesildikten sonra, istenen şeklin bu takozlara verilmesi için ekstrüzyon prese gönderilmesi aşamasında, müşterinin talep ettiği ürünün kimyasal özelliği preste ve dökümde aynı olmamasıdır. Bu sorun müşteri siparişine uygun ürün üretilmemesine ve müşteriye istenilen miktarda bakırı tekrar üretebilmek için yeniden işleme maliyetlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Darboğaz oluşumuna sebep olan hata ve nedenleri incelenmiş ve risk öncelik katsayıları (RÖS) hesaplanmıştır. Çalışmanın son aşamasında düzeltici faaliyetlerin uygulanması sonrası %41 oranında fayda elde edildiği gözlemlenmiştir.

Research Paper

Received Date : 05/10/2018

Accepted Date : 27/12/2018

Keywords

Copper,
FMEA,
Reliability,
Total Quality Management,

Abstract

FMEA is a widely used quality improvement method for identifying and eliminating potential sources of error in products and processes. The method is used with many quality tools and a comprehensive improvement is envisaged. In this study, Pareto analysis, 5N analysis, Reason-Result (Fishbone) diagram and the process of HTEA applied for the improvement of a critical process in which a low yield is detected in a firm producing copper profile is described. This problem; after the start of the process, that is to say the casting and cutting into wedges, the chemical characteristic of the product requested by the customer is not the same in the press and casting, and therefore the product is not produced according to the customer order and the customer is facing with re-processing costs. The failures and reasons of the bottleneck were examined and risk priority coefficients (ROS) were calculated. In the last stage of the study, it was observed that 41% of the benefits were obtained after the implementation of corrective actions.

1. Giriş

Dünya sürekli değişmekte olan bir yapıya sahiptir. Küreselleşen dünya beraberinde güçlü değişimleri getirmektedir. Bu değişimler, özel sektörü de kamu sektörünü de daha rekabetçi olmaya yönlendirmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arası rekabet, iş ve yönetim kavramları günümüzde kurumları mükemmeli aramaya

yönelmiştir [1]. Bu arama sonucunda ulaşılan ortak kavram kalite olmuştur.

Kalite kavramı günlük yaşam da dâhil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır ancak kavramın tek bir tanımlaması yoktur. Tanımlar arası farklar genellikle, kalite kavramının çok boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır [2]. Yatkın da teknolojideki gelişim, küreselleşen dünya ekonomisi, tüketicinin satın alma gücü gibi nedenlerden dolayı kalitenin farklı tanımlanmasına sebep olduğunu belirtmektedir [3]. Şimşek ise kalite

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): tansudayan1@gmail.com

kavramının kişisel değerleri içermesinden dolayı kalite anlayışının toplumlar arasında farklı algılandığını ve birçok faktörün altında değişik yapı göstermesine sebep olduğunu çalışmada anlatmaktadır [4].

Kalitenin en kısa ve öz tanımı olarak kabul edilebilecek “kullanım amacına ve spesifikasyonlara uygunluk” yaklaşımları çerçevesinde gerçekleştirilmesi öngörülen kalite düzeyinin ve bu kalite düzeyinde sürekli üretimi sağlayabilmenin yolu kalite tekniklerinin rasyonel kullanımı ile mümkündür [5].

Toplam kalite yönetimi (TKY) anlayışına, uygun olan kalite yönetimi metotları seçilerek işlerlik kazandırılabilir. Bununla birlikte doğru metodun seçilmesi ve başarıya ulaşması kişilerin bilgisine ve bu metotların doğru biçimde anlaşılmasına bağlıdır. TKY metotları eğer doğru şekillerde kullanılmazlarsa yararlı olmaktan oldukça uzak olurlar [6].

Kalite gelişimi için problem çözümünde, TKY metotlarının temel rolü, müşteri gereksinimlerinin karşılanmasına yardımcı olmalarıdır. Metotlar ayrıca temel derinde yatan sebeplerin ve potansiyel çözümlerin bulunmasına ve kalitenin sağlanmasında en iyi seçeneğin tercih edilmesinde kullanılacak bilgi ve verilere de katkıda bulunur [6]. Bajaj ve diğerleri, geçmiş 20 yılda geniş bir alanda yayınlanan TKY uygulamaları ve etkileri araştırma konularına sahip 102 araştırma makalesini inceleyerek Pareto Analizi uyguladıkları çalışmalarında TKY'nin sektöre bağlı olmadan uygulanabilir olduğu sonucuna varmışlardır [7].

TKY'nin temel taşlarından bir tanesi sürekli iyileşmedir. Sürekli iyileşme, geçmişteki sorunların öğrenilerek, gelecekte onların yeniden ortaya çıkmalarının önlenmesiyle gerçekleşecektir. Hata Türü ve Etkileri Analizi de bu amaca hizmet eden bir tekniktir. HTEA, bu özelliklerinden dolayı Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir yere sahiptir [8]. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), Toplam Kalite Yönetimi (TKY) anlayışında yer bulan; “proaktif” nitelikli (hatalar meydana geldikten sonra durumu düzeltmeye çalışmak yerine, onları önlemeyi amaçlayan), uygulanması kolay ve düşük maliyetli bir kalite iyileştirme tekniğidir [9]. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Toplam Kalite Yönetimi'nin uygulanmasında sık kullanılan metotlardan bir tanesidir. Ayaz, çalışmada HTEA'nın hata etkilerinin ortaya çıkarılmasında ve risklerin önceliklendirilmesinde önemli bir kalite aracı olduğunu belirtmiştir [10].

HTEA aynı zamanda ürün ya da proseslerdeki potansiyel hataların tespitinde kullanılan bir kalite yönetim sistemi metodudur [11].

Firmalar rekabet ortamında geride kalmamak için hataları önlemek ve sahip olunan riskleri risklerin oranını düşürmek mecburiyetindedirler. HTEA; sistem, tasarım, süreç veya serviste oluşabilecek hataların

değerlendirmesini ve bu tür hataların (problemler, yanlışlıklar, riskler v.s.) sürekli azaltılmasını hedefleyen özel bir metodolojidir [12]. Risk değerlendirmesi için Toptancı ve Erginel inşaat alanında olan olası tehlikelerin belirlenip azaltılarak; tehlikelerden dolayı oluşan kazaların sayısının asgari düzeye indirilmesi için HTEA ve Kalite Fonksiyon Yayılımı yöntemlerini bir arada kullanmışlardır [13].

HTEA üretim proseslerinde istenmeyen değişimleri engellemeye olanak sağladığı gibi, üretim dışındaki konularda da kullanılmaktadır. Elenen, çalışmada işletme lisans programlarında bulunan üretim yönetimi dersinin eğitim sürecinde başarısızlığa neden olan hata türlerini HTEA ile değerlendirmiştir [14].

En iyi değere ulaşabilmek için HTEA bir ürün veya süreç hata türlerinin, ürün veya süreç içerisine dahil edilmesinden önce yapılmalıdır. HTEA'nın uygun olarak tamamlanması için önceden harcanacak zaman, ürün ve süreç değişikliklerinin en kolay ve en ucuz yapılacağı zamandır ve daha sonraki aşamalarda yapılacak değişiklik krizlerini en alt düzeye getirecektir. Bir HTEA, daha büyük problemler doğuracak bir önleyici ve düzeltici değişiklik uygulama ihtiyacını azaltacak veya ortadan kaldıracaktır. Burada bütün HTEA türleri arasında iletişim ve işbirliği olmalıdır [15].

HTEA sistem içerisindeki önemli hataları belirlese de, tek başına kapsamlı bir iyileştirme tekniği olduğunu iddia etmek güçtür ve bu nedenlerden dolayı pareto analizi, balık kılıcı diyagramı ve diğer kalite iyileştirme teknikleri ile birlikte kullanılması daha uygun görülmektedir [16-18]. Bu çalışmada da hatanın kök nedenlerine ulaşabilmek için HTEA ile beraber 5N analizi, Çetele tablosu, neden-sonuç diyagramı ve pareto analizinden yararlanılmıştır. Uygulamada bakır profil üretimi yapan bir firmada firmanın düşük verim almasına neden olan bir hata üzerinde durulmuştur. Bu problemde; Sürecin başlangıcından yani döküm yapılıp takozlar halinde kesildikten sonra, istenen şeklin bu takozla verilmesi için ekstrüzyon prese gönderilmesi aşamasında, müşterinin talep ettiği ürünün kimyasal özelliği preste ve dökümde aynı olmaması ve bundan dolayı müşteri siparişine uygun ürün üretilmemesi ve müşteriye istenilen miktarda bakırı tekrar üretebilmek için yeniden işleme maliyetlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Amacımız üretim esnasında dar boğaz oluşumuna sebep olan hatayı belirlemek ve düzeltici faaliyetlerde bulunmaktır. Çalışmada öncelikle firmada incelenen problemin meydana gelme sıklığını belirleyebilmek için döküm çetele tablosu hazırlanmıştır. Çetele tablosunda üretim sonrasında uygun olmayan ürünler tabloda gösterilmiştir. Uygun olmayan ürünlerin üretilmesine sebep olan hatanın nedenlerine ulaşabilmek için 5N analizinden yararlanılmıştır. Hata nedenlerinin insan, çevre, yönetim ve metod ana gruplarına

ayrılması da neden-sonuç diyagramı yardımı ile yapılmıştır. Daha sonra HTEA yapabilmek için RÖS değerleri belirlenen hata nedenleri ile beraber hesaplanmış ve HTEA çizelgesi oluşturulmuştur. Yüksek RÖS değerine sahip hata nedenlerinin belirlenmesi ve hangi nedene karşı önlem alınması gerektiğinin belirlenebilmesi için Pareto analizi uygulanmıştır.

Literatürde de HTEA'nın verimliliğini artırmak için yapılmış çalışmalar mevcuttur. Şişman yaptığı çalışmada HTEA'da değerlendirme aşamasının zor olmasından dolayı bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanmış ve kullandığı yöntemlerin risk değerlendirme sürecinde etkin ve faydalı sonuçları olduğunu göstermiştir [19]. Sönmez, otomotiv parçaları üzerine yaptığı çalışmasında HTEA uygulanırken AHP, bulanık mantık, gri teori gibi karar destek sistemlerinden faydalanılmasının sonuçları daha objektif hale getirdiği sonucuna ulaşmıştır[20]. HTEA yönteminin etkinliğini artırmak için yapılmış olan diğer çalışmalar şu şekildedir: Veri zarflama analizi (VZA) [21] sezgisel bulanık hibrid TOPSIS [22], bulanık önceliklendirme metodu [23], kaba TOPSIS [24] DEMATEL (decision making trial and evaluation laboratory)[25,26] uzman sistem [27,28] hibrid yaklaşımlar

[29-32], Bulanık PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) [33].

2. Materyal ve Yöntem

HTEA ile ilgili uygulama çalışması Samsun Organize Sanayi bölgesinde 41.000 metrekare çalışma alanı, 30.000 metrekare entegre üretim alanına sahip bir fabrikada yapılmıştır. Çalışma yaklaşık 5 ay sürmüş, 1500 adet döküm incelenmiş ve bu ürünlerin uygun/hatalı ayrımı yapılmıştır. Ele alınan problemin analizi ve çözümü için kalite araçlarından yararlanılmıştır. Ürün ayrımı için çetele diyagramından, hata nedenlerinin tespiti için 5N Analizi ve Balık kılıcı(neden-sonuç) diyagramından, son olarak risk öncelik değerleri yüksek sorunların tespit edilmesi için Pareto analizinden yararlanılmıştır.

3. Bulgular

İncelenen problemin firma açısından ne sıklıkla meydana geldiğinin ortaya konulabilmesi için firmada yapılmış olan 1500 adet döküm incelenerek Tablo 1'deki çetele tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 1. Döküm Çetele Tablosu

Döküm Sayısı	Uygun Ürün	Hatalı Ürün	Başlanmamış Ürün	Bitmemiş Ürün	Uygun Olmayan Ürün Toplamı
1-100	88	5	5	2	12
101-200	85	10	4	1	15
201-300	47	23	8	22	53
301-400	63	20	15	2	37
401-500	86	10	2	2	14
501-600	68	12	15	5	32
601-700	71	17	9	3	29
701-800	81	2	10	7	19
801-900	57	11	19	13	43
901-1000	69	12	14	5	31
1001-1100	73	7	17	3	27
1101-1200	70	14	13	3	30
1201-1300	83	9	2	6	17
1301-1400	68	8	19	5	32
1401-1500	96	0	4	0	4

Tablodaki değerler incelenecek olursa; gözlemlenen 1500 dökümden 395 tanesi müşteri isteğine uygun olarak işlenmemiştir. Bu da üretilen ürünlerin %26 sının hatalı olduğunu göstermektedir. Tablodaki hatalı ürün sütununda müşterinin istediği iletkenlikte ve miktarda ürün teslim edilememesinden kaynaklanan hatalar sıralanmaktadır. Başlanmamış üründe ise müşterinin sipariş etmesine rağmen üretimine başlanmamış ürünlerden kaynaklanan yok satma maliyetlerinin olduğu hatalar sıralanmaktadır. Bitmemiş ürün sütununda ise üretimine başlanmış fakat dökümden

çıkmasından ürünün paketlenmesine kadar herhangi bir aşamada karşılaşılan bir nedenden dolayı üretiminin durdurulduğu ürünlerin hataları sıralanmaktadır.

3.1. Probleme Yönelik Hata Türü

İncelenen süreçte ürün akışında oluşan problemler ortaya çıktığından, incelediğimiz hata türü ve etkileri analizi türü süreç hata türü ve etkileri analizidir. Süreç HTEA olmasının sebebine ürünün işlenmesinin en

başından bakacak olursak; dökümün yapıp bakırın takoz haline getirildikten sonra testere ile kesilen takozlara döküm numarasının yazılmaması, yada geç yazılmasından dolayı karışıklık olması ve daha sonra şarjörlerle yüklenirken gerekli kontrollerin yapılmayarak ekstrüzyon pres alanında karışıklıkların olması bu hata türünün nedenleri arasındadır. Bu karışıklık sonucunda ekstrüzyon presten talep edilen ürün türü karşılanamamaktadır.

3.2. Hata Nedenlerinin Tespiti

Probleme yönelik hata türünün nedenlerinin tespit edilmesinde kalite araçları kullanılmıştır. Kullanılan kalite araçları Neden-Sonuç diyagramı ve 5N analizidir.

3.2.1. 5N Analizi

Firmada yapılan bu çalışmada ele alınan soruna 5N analizi gereği, arka arkaya neden soruları sorularak problemin kök nedenine inilmeye çalışılmıştır.

1) Müşteriye neden uygun miktarda ve türde ürün üretilmemektedir?

Ekstrüzyon presin talep ettiği takozlar ile dökümün gönderdiği takozlar değişkenlik göstermektedir.

2) Neden değişkenlik göstermektedir?

Dökümden ekstrüzyona gönderilmek üzere çıkan takozlara kesimden sonra bazen kod numarası yazılmamaktadır.

3)Neden kod numarası yazılmamaktadır?

İşçiler bu işleme yeteri kadar önem vermemektedir.

4)Neden önem vermemektedirler?

Talimatlar yetersizdir ve vardiya amirleri arasında irtibatsızlık bulunmaktadır.

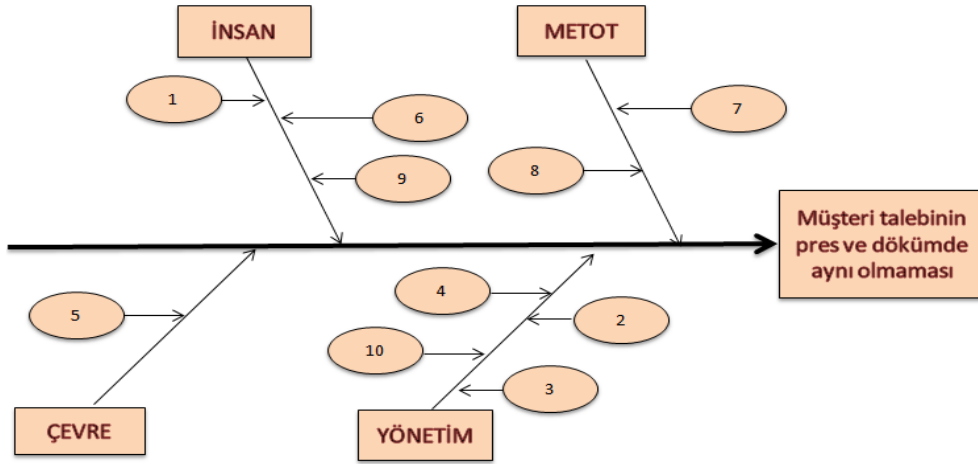
5) Neden irtibatsızlık oluşmaktadır?

Kalite kontrol departmanı düzenli kontrolleri gerçekleştirememektedir.

Müşteriye uygun türde ve miktarda ürün gönderilememesinin sebebi yapılan bu çalışmanın ardından kalite kontrol departmanının düzenli kontrolleri gerçekleştirilmemesi sonucu elde edilmiştir.

3.2.2. Neden – Sonuç Diyagramı:

Bu diyagram aracılığıyla problemin meydana gelmesinde önemli etkileri bulunan kök nedenler ele alınmıştır. Bu nedenler insan, metot, çevre, yönetim olarak belirlenmiştir ve belirlenen nedenler bu ana başlıklar altında hangisinden kaynaklanıyorsa alt dallara yerleştirilmiştir. Bu diyagram yardımıyla problemin nedenlerinin gruplandırılması sağlanmıştır. Yapılan bu çalışma Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Neden Sonuç Diyagramı

Müşteri talebinin pres ve dökümde aynı olmaması probleminin alt dalları, aşağıda sıralanmıştır;

1. Dökümden sonra kesilen takozlara zamanında kod numarasının yazılmaması

2. Gece vardiyasında çalışanlarla, gündüz vardiyasında çalışanlar arasında koordinasyon yetersizliği.

3. Kalite kontrol birimindeki takip durumunun eksikliği

4. Talimatların eksikliği

5. Yarı mamül bekleme alanının düzenli olmaması ve karışıklığa neden olması.

6. Müşteriye yanlış ürün gitmesinde yüklemdeki çalışanlardan kaynaklı problemler olması

7. Ara kontrollerin sık sık yapılmaması bunun yanı sıra üretim sonunda kontrollerin olması.

8. ERP sisteminin kurulma aşamasında olması.

9. Siparişe göre ekstrüzyon pres bölümüne farklı tipte ürün getirilmesi sonucu serinin bozulması ile

ürünlerin çıkışı sırasında çalışanların ürün özelliğini tespit edememesi sonucu çıkan karışıklık.

10. Bazı günlerde, testere görevlisinin çalışma saati bittikten sonra işini pres tezgahı çalışanına bırakması.

Neden-Sonuç diyagramında probleme yönelik belirlenen hata nedenleri HTEA çizelgesinde RÖS değerlerinin hesaplanmasında kullanılmış ve önleyici faaliyetler belirlenmiştir.

3.3. Hatanın Etkileri

Hatanın etkileri üç aşamada incelenecek olursa;

- Üretim aşamasında
- Müşteriye gönderilmeden önceki kontrolde
- Müşteriye ulaştıktan sonra

Üretim aşamasında eğer hata fark edilirse, ürünün akışı içerisindeki aşamalardan hangisinde fark edildiyse ürün tekrardan işlenir ve firmaya yeniden işleme maliyeti doğar. Bu hata ne kadar erken fark edilirse firma için maliyetler o derece az olacaktır. Örneğin testere ile kesildikten sonra eğer üretimde hata olduğu, yanlış ürün üretildiği fark edilirse üretilen ürün tekrar döküme gönderilir. Fakat bu hata presten çıktıktan sonra fark edilirse aynı türde ve miktarda müşteri siparişi varsa onun için üretilir, yoksa bakırın yeniden eritilerek işlenmesini gerektirir ve bu ilk duruma göre daha geç fark edildiğinden firmaya maliyeti daha yüksektir.

Müşteriye gönderilmeden önceki kalite kontrol aşamasında hata tespit edilecek olursa, o ürünün müşteriye olan teslimat süresi gecikecek, firma müşteri memnuniyeti için ürünü daha uygun fiyata vermek zorunda kalabilecek ve üreteceği o ürün için yeniden işleme maliyeti ortaya çıkacaktır. İlk başta üretilen ürün için harcanan zaman iş gücü maliyetleri artıracaktır.

Hata, ürün müşteriye ulaştıktan sonra tespit edilirse firmaya maliyeti en yüksek değerde olacaktır. Sebebi ise firma en önemli maliyet parametrelerinden olan müşteri memnuniyetini sarsmış olacaktır. Müşteriyi tekrar memnun edebilmek için gönderdiği ürünün kendisine tekrar gelmesi için ortaya çıkan nakliye maliyetlerini kendisi üstlenecek ve müşterinin talep ettiği ürün için iki kere daha aynı nakliye maliyetine maruz kalacak. Ürünü tekrardan

işleyecek ve gönderdiği ürün hurdaya ayrılarak tekrardan eritilecektir.

Yukarıdaki örneklerden de görüldüğü gibi hata ne kadar erken fark edilirse firmaya maliyeti o derece düşük olacaktır.

3.4. Yapılan Kontroller

Dökümün yapılmasının ardından kesme işlemi gerçekleşmeden önce, yapılan dökümden örnek alınarak kalite kontrol laboratuvarında analizi yapılmaktadır. Bu aşamada yapılan dökümün içeriğine bakılmakta, karışım oranlarının reçetesi çıkarılmakta ve iletkenlik testi yapılmaktadır. Eğer yapılan döküm uygun ise takozlar kesilerek şarjöre yüklenmekte ve pres alanına gönderilmektedir. İkinci kalite kontrol ise pres işlemi tamamlandıktan sonraki çekme aşamasında gerçekleşmektedir. Burada bir partideki ürünlerden ilk çekmesi yapılan ürün seçilmekte ve kalite kontrol departmanı tarafından fiziksel özelliklerine ve iletkenliğine bakılmaktadır. Lama üretimi için ekstradan çizik olmasının önüne geçmek için paketlemeden önceki son aşamada elle ve gözle kontrol yapılmaktadır.

3.5. Probleme Yönelik HTEA Çizelgesi

HTEA çizelgesinin oluşturulması için şiddet, olasılık ve saptanabilirlik derecelerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu parametrelerin kriter ve dereceleri Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’de gösterilmektedir. HTEA çizelgesi Tablo 5’de gösterilmektedir.

RÖS(Risk Öncelik Katsayısı): Her hatanın etkilerine göre sıralanması, düzenlenmesi veya öncelikli risk olasılığına göre derecelendirilmesi prensibine dayanır.

$$RÖS= P(\text{Olasılık}) \times S(\text{Şiddet}) \times D(\text{Saptanabilirlik})$$

Şiddet: Hata etkilerinin müşteriye sonuçlarını değerlendirir. Etkileri 1 den 10 a kadar bir ölçekte sıralanırlar. 10 en şiddetlidir.

Olasılık: Bir hatanın ortaya çıkma olasılığıdır. Olasılık derecelendirilmesi 1’den 10’a kadar sayısal olarak yapılır.

Saptanabilirlik: Hatanın müşteriye ulaşmadan (Üretim veya montaj hattını terk etmeden) önce belirlenme olasılığıdır. 1’den 10’a kadar bir ölçekte sıralanır.

Tablo 2. Risk öncelik sayısı şiddet değerlendirme tablosu

Kriter	Derece
Hata Sistemin Durmasına Yol Açar	10
Hata Sistemin İşlevselliğini etkiler	8 yada 9
Hata Performansı Düşürür Onarım gerektirir	6 yada 7
Sürece Etkisi Azdır	3 ile 5 arası
Hata Müşteri Tarafından Farkedilmez	1 yada 2

Tablo 3. Risk öncelik sayısı hata olasılığı değerlendirme tablosu

Hata Olasılığı	Olası Hata Oranları	Derece
Kesin	0,5	10
	0,33	9
Çok Yüksek	0,125	8
Yüksek	0,05	7
Orta	0,0125	6
	0,0025	5
	0,0005	4
Düşük	0,0001	3
Çok Düşük	0,00005	2
Olanaksız	0,000025	1

Tablo 4. Risk öncelik sayısı saptanabilirlik değerlendirme tablosu

Tespit Etme	Derece	Tespit Etme	Derece
İmkansız	10	Orta	5
Çok Zor	9	Ortanın üstü	4
Zor	8	Yüksek	3
Çok az	7	Çok Yüksek	2
Az	6	Kesin	1

Tablo 5. HTEA Çizelgesi I

Hata	Proses Fonksiyonu	Potansiyel Hata Türü	Hatanın Potansiyel Etkileri	Hatanın Potansiyel Nedenleri	Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RÖS
	Ekstrüzyon Pres	Yapılan Dökümlerin Karışması	Müşterinin İsteddiği Türde ve Miktarla Ürün Üretilmemesi					
1				Dökümden sonra kesilen takozlara zamanında kod numarasının yazılmaması	6	8	8	384
2				Gece vardiyasında çalışanlarla, gündüz vardiyasında çalışanlar arasında koordinasyon yetersizliği.	6	5	4	120
3				Kalite kontrol birimindeki takip durumunun eksikliği	6	7	4	168
4				Talimatların eksikliği	6	3	5	90
5				Yarı mamul bekleme alanının düzenli olmaması ve karışıklığa neden olması	6	5	9	270
6				Müşteriye yanlış ürün gitmesinde yüklemedeki çalışanlardan kaynaklı problemler olması	6	4	4	96
7				Ara kontrollerin sık sık yapılmaması bunun yanı sıra üretim sonunda kontrollerin olması.	6	3	4	72
8				ERP sisteminin kurulma aşamasında olması.	6	2	2	24
9				Siparişe göre ekstrüzyon pres bölümüne farklı tipte ürün getirilmesi sonucu serinin bozulması ile ürünlerin çıkışı sırasında çalışanların ürün özelliğini tespit edememesi sonucu çıkan karışıklık.	6	6	5	180
10				Bazı günlerde, testere görevlisinin çalışma saati bittikten sonra işini pres tezgahı çalışanına bırakması	6	3	2	36

Probleme yönelik oluşturulan HTEA çizelgesinde öncelikle hata modü belirlenmiş ve bu belirlenen hata modunun oluşturduğu etkileri tespit edip bu hatanın oluşmasını sağlayan nedenler araştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda 10 tane neden belirlenmiştir. Hatanın oluşmasına yol açan bu 10 neden üzerinde RÖS değerleri hesaplanmış ve elde edilen bu değerlere göre Pareto analizi yapılmıştır.

Oluşturulan RÖS tablosunda Şiddet değerleri hep aynıdır. Bunun sebebi hatanın müşteriye ulaşması durumunda müşterinin bu hataya vereceği tepki şiddeti aynıdır. Bu değerlerin değişimi söz konusu değildir. Olasılık ve saptanabilirlik kavramları ise alınan düzeltici/önleyici faaliyetler sonrasında değişkenlik gösterebilir.

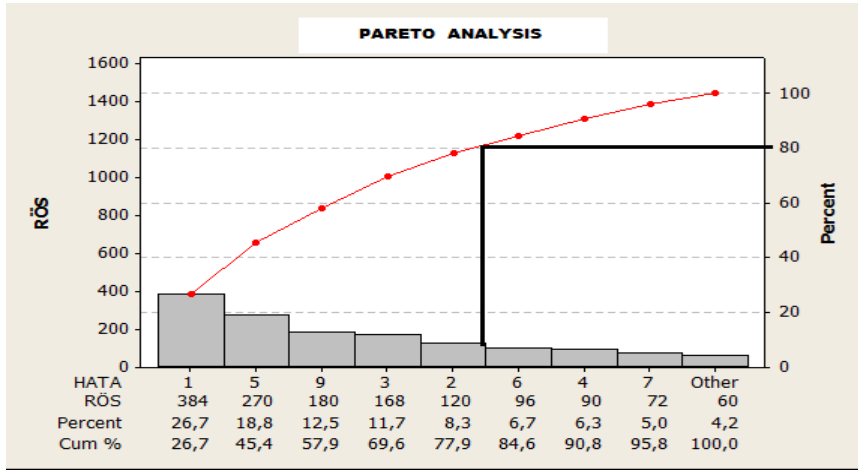
RÖS değerlerine atama yapımı aşamasında grup üyeleri

ile müşterek kararlar alınmıştır. Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelendirme tablolarından yararlanılarak nedenlere puan ataması yapılmıştır.

RÖS değerlerinin hesaplanmasından sonra Şekil 2'deki Pareto analizi oluşturuldu. Pareto analizi ile yüksek RÖS değerine sahip sorunlar tespit edildi. Pareto analizi, çabaların ve kaynakların hangi hatalara yönlendirilmesi gerektiğine yardımcı olmaktadır.

Pareto Analizinin Faydaları;

- Problem üstündeki en önemli sebebi belirlemek,
- Bütün problemleri listelemek
- Problemlerin oranlarını ve önem derecelerini görmek
- Bir takım çalışmasını yönlendirmek



Şekil 2. Probleme Yönelik Pareto Diyagramı

4. Sonuç ve Öneriler

Firmada gerçekleştirilen uygulama sonucunda belirlenen nedenlerden RÖS değeri en yüksek olan neden 1. nedendir. Yani dökümden sonra takozlara zamanında kod numaralarının yazılmaması hatanın oluşmasında en büyük rolü üstlenmektedir. Daha sonraki nedenlere bakıldığında RÖS değeri yüksek diğer bir neden 5. nedendir. Yarı mamül alanının düzenli olmaması, kod numaralarının zamanında yazılmamasından sonra 2. sırada hatanın oluşmasında rol oynamaktadır. Bu sırayı 4.nedenden sonra 9. neden, 3. neden ve 2. neden takip etmektedir.

Yukarıda Şekil 2'deki Pareto analizi bir önceki aşamada belirlenen RÖS değerlerine göre oluşturulmuştur. RÖS değerleri hesaplandıktan sonra Minitab yardımıyla pareto analizi çizilmiştir. Pareto analizi oluşturulurken 10 nedenin RÖS değerleri kullanılmıştır. Bu 10 neden içinden hataların %80 inin 1,2,3,5 ve 9. nedenden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yani kod numaralarının düzenli

yazılmaması, yarı mamül alanının düzenli olmaması, siparişe göre ekstrüzyon pres bölümüne farklı tipte ürün getirilmesi, gece vardiyasında çalışanlarla, gündüz vardiyasında çalışanlar arasında koordinasyon yetersizliği ve kalite kontrol birimindeki takip durumunun eksikliği hata türlerine iyileştirme yapılmak için öncelik tanınmalıdır.

Gerekli iyileştirmelerin yapılabilmesi için sunulan öneriler şu şekildedir:

Hata 1 için:

- Talimatlar ilgi çekmesi açısından görsel olarak hazırlanabilir.
- Yazı yazma işlemi yerde gerçekleştiğinden dolayı işçiye zor gelmektedir. Takozların bekleme alanının yüksekte olması daha ergonomik olabilir.

Hata 2 :

- İşçilere verilen eğitimler artırılabilir.
- İş akışı ile ilgili video çekimi yapıp olması gereken durum işçilere izletilmeli.

Hata 3 :

- Vardiya amirleri arasında devam eden iş ile ilgili tebliğ-tebellüğ belgeleri hazırlanabilir.

Hata 4 :

- Talimatlar ilgi çekmesi açısından görsel olarak hazırlanabilir.

Hata 5 :

- Yarı mamul bekleme alanı daha düzenli hale getirilebilir
- Takozlar testere ile kesildikten sonra yarı mamul bekleme alanı 4 bölüme ayrılarak karışıklık önlenmesi sağlanabilir.

- Upcast ocaklarda sadece ETP üretildiği için bu ocaklardan ve dökümden gelen şarjörler farklı renklere boyanabilir.

Hata 6 :

- Kanban kartları kullanılabilir. Bu kartların devamlılığını sağlamak için, şarjöre yükleyen ve şarjörden alan kişilerin işaretleyecekleri kutucuklar bulunmalıdır.

Hata 7 :

- Bir şarjöre en fazla 2 çeşit alaşım konulmaktadır. Şarjörün üst bölmesi ile alt bölmesinin birleştiği yere portatif takoz koyulması suretiyle farklı tip alaşımların karışması engellenebilir.

Hata 8 :

- ERP sistemi kurulmalıdır. Böylece;
 - Kağıt ve işçi tasarrufu sağlanacak,
 - İşçi verimliliği artacak,
 - Denetleme için zaman kazanılacaktır.

Hata 9 :

- Üretim planlama, ürünün kimyasal özelliklerine göre siparişe paralel olarak ürünün planlamasını günlere düzgün olarak bölebilir. Örneğin; haftanın 2 günü sadece aralıksız ETP üretiyorsa diğer 3 günü DHP üretebilir.

Hata 10 :

- İşçilere verilen eğitimler artırılabilir. Ön görülen önerilere dayanarak Tablo 6'deki gibi RÖS değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6. HTEA Çizelgesi II

Hata	Proses Fonksiyonu	Potansiyel Hata Türü	Hatanın Potansiyel Etkileri	Hatanın Potansiyel Nedenleri	Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RÖS
1	Ekstrüzyon Pres	Yapılan Dökümlerin Karışması	Müşterinin İsteddiği Türde ve Miktarda Ürün Üretilmemesi	Dökümden sonra kesilen takozlara zamanında kod numarasının yazılmaması	6	5	7	210
2				Gece vardiyasında çalışanlarla, gündüz vardiyasında çalışanlar arasında koordinasyon yetersizliği.	6	3	4	72
3				Kalite kontrol birimindeki takip durumunun eksikliği	6	6	4	144
4				Talimatların eksikliği	6	2	5	60
5				Yarı mamül bekleme alanının düzenli olmaması ve karışıklığa neden olması	6	3	7	126
6				Müşteriye yanlış ürün gitmesinde yüklemdeki çalışanlardan kaynaklı problemler olması	6	3	4	72
7				Ara kontrollerin sık sık yapılmaması bunun yanı sıra üretim sonunda kontrollerin olması.	6	2	3	36
8				ERP sisteminin kurulma aşamasında olması.	6	2	1	12
9				Siparişe göre ekstrüzyon pres bölümüne farklı tipte ürün getirilmesi sonucu serinin bozulması ile ürünlerin çıkışı sırasında çalışanların ürün özelliğini tespit edememesi sonucu çıkan karışıklık.	6	3	5	90
10				Bazı günlerde, testere görevlisinin çalışma saati bittikten sonra işini pres tezgahı çalışanına bırakması	6	2	2	24

Tablo 6, incelendiğinde alınan önlemlerden sonra 5 numaralı hatanın RÖS değerinde %54 lük bir düşme saptanmıştır. Bunu %50 lik değişme ile 7,8 ve 9 no'lu hatalar takip etmektedir. Toplam RÖS değerleri arasındaki fark incelendiğinde ise alınan önlemlerden %41 lik bir fayda sağlandığı görülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Yaş S. Z., (2009). Toplam Kalite Yönetimi Anlayışının Sağlık Sektöründe Uygulanması: Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Edirne Devlet Hastanesi'nin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ocak, 2009.
- [2] Sarıkaya, N., (2003). Toplam Kalite Yönetimi, 1. Baskı, Sakarya Kitabevi, Adapazarı.
- [3] Yatkin A., (2004). Toplam Kalite Yönetimi, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [4] Şimşek M., (2007). Toplam Kalite Yönetimi, , 5. Baskı, Alfa Yayınları, İstanbul.
- [5] Köseoğlu L., Keleş Ö., Demirler U., Taptık Y., 1995. Kalite güvencesi sistemlerinin başarısında kalite tekniklerinin yeri ve katkısı, Metal Dünyası.
- [6] Kanji G. K., Asher M., 1996. 100 Methods for Total Quality Management Sage Publications Ltd.
- [7] Bajaj S., Garg R., Sethi M., (2018). Total Quality Management: A Critical Literature Review Using Pareto Analysis. International Journal of Productivity and Performance Management, **67**(1), 128-154.
- [8] Akpınar B., (2015). Hata Türü Ve Etkileri Analizi Yöntemine Gri Teori Yaklaşımının Uygulanması: Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [9] Aydan M., Kaya S., (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA): Üniversite Hastanesinde Bir Uygulama. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, **20**(4), 475-502.
- [10] Ayaz H. İ., (2018). Bilgisayar Veri Günlükleri Üzerine HTEA Otomasyonu ve Alternatif Yöntemler ile Çözüm Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- [11] Chin K. S., Wang Y. S, Poon G. K. K., Yang J. B., 2009. Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. Decision Support Systems, **48**, 246-256.
- [12] TÜV Sudwest, (2002). FMEA Seminer Notları İstanbul.
- [13] Toptancı Ş., Erginel N., (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Kalite Fonksiyon Yayılımı ile Bir İnşaat Firması İçin Risk Değerlendirmesi. Anadolu Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi **5**(0), 189-199.
- [14] Eleren A., (2007). Eğitim Başarısının Artırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, **9**(2), 1-25.
- [15] Tunçelli S. B., (2006). Helikopter Tasarım Sürecinde Pilot Koltuğu Tasarım Kavram Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
- [16] Shebl N. A., Franklin B. D., Barber N., (2009). Is failure mode and effect analysis reliable?. J. Patient Saf, **5**(2), 86-94.
- [17] Potts H. W. W., Anderson J. E., Colligan L., Leach P., Davis S., Berman J., (2014). Assessing the Validity of Prospective Hazard Analysis Methods: A Comparison of Two Techniques. BMC Health Services Research, **14**(41), 1-10.
- [18] Franklin B. D., Shebl N. A., Barber N., (2012). Failure mode and effects analysis: too little for too much?, BMJ Quality Safety, **21**(7), 607-611.
- [19] Şişman B., (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık AHP ve Bulanık VİKOR Yöntemleri ile Otomotiv Sektöründe Risk Değerlendirmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, **9**(18), 234-250.
- [20] Sönmez Y., (2017). Hata Türü Etkileri Analizi Ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama. İşletme Bilimi Dergisi (JOBS), **5**(2): 217-245.
- [21] Chang D. S., Sun K. L. P., 2009. Applying DEA to enhance assessment capability of FMEA. International Journal of Quality & Reliability Management, **26**, 629-643.
- [22] Liu H. C., You J. X., Shan M. M., Shao L. N., 2015. Failure mode and effects analysis using intuitionistic fuzzy hybrid TOPSIS approach, Soft Computing, **19**(4), 1085-1098.
- [23] Özfırat P. M., 2014. Bulanık önceliklendirme metodu ve hata türü ve etkileri analizini birleştiren yeni bir risk analizi yöntemi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, **29**(4), 755-768.
- [24] Song W., Ming X., Wu Z., Zhu B., 2014. A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. Quality and Reliability Engineering International, **30**(4), 473-486.

- [25] Chang K. H., Liaw C. S., Chang T. Y., Chang Y. C., 2013. FMEA-based DEMATEL apportionment approach. *Chung Cheng Ling Hsueh Pao/Journal of Chung Cheng Institute of Technology*, **42**(1), 41-58.
- [26] Seyed-Hosseini S. M., Safaei N., Asgharpour M. J., (2006). Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. *Reliability Engineering and System Safety*, **91**(8), 872-881.
- [27] Sankar N. R., Prabhu B. S., 2001. Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **18**(3), 324-336.
- [28] Sharma R. K., Kumar D., Kumar P., 2005. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **22**(9), 986-1004.
- [29] Kutlu A. C., Ekmekcioğlu M., 2012. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, **39**(1), 61-67.
- [30] Chang K. H., Chang Y. C, Tsai I. T., 2013. Enhancing FMEA assessment by integrating grey relational analysis and the decision making trial and evaluation laboratory approach, *Eng. Fail. Anal.*, **31**, 211-224.
- [31] Vahdani B., Salimi M., Charkhchian M., 2015. A new FMEA method by integrating fuzzy belief structure and TOPSIS to improve risk evaluation process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **77**(1-4), 357-368.
- [32] Liu H. C., Liu L., Li P., (2014). Failure mode and effects analysis using intuitionistic fuzzy hybrid weighted Euclidean distance operator. *International Journal of Systems Science*, **45**(10), 2012-2030.
- [33] Yerlikaya M. A., Efe B., Efe Ö. F., (2016). İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **6**(2), 126-137.