

ÜRETİMDE ALTI SİGMA YAKLAŞIMININ ÜRETİMDE TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ANLAYIŞI ÇERÇEVESİNDE BİR UYGULAMASI

Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN¹

Nilay ŞAHİN²

ÖZET

Bu çalışmanın amacı supap üreten bir firmada altı sigmanın Toplam Kalite Yönetimi (TKY) çerçevesinde uygulamasını gerçekleştirmektir. Firmanın önemli bir müşterisi olan Fiat, kendisi için üretilmekte olan supaplarda birtakım değişiklikler yapmıştır ve bunun sonucunda firmada supapları üreten tezgahlar yetersiz kalmıştır. Bu yetersizliğin üstesinden gelebilmek için altı sigma projesi yürütülmüştür. Önce hatalı supaplarla ilgili problemler tanımlanmıştır. Bunlar, dairesellik ve salgı problemleridir. Balıkkılçığı diyagramları yardımıyla, bu problemlerin ana nedenleri bulunmuştur. Üretim esnasında tezgaha girilen parametrelerde değişiklikler yapılarak hangi değerlerin optimum sonuç verdiği belirlenmiştir. Bu parametreler, paso miktarı (tezgahın supabı işlerken bir seferde kaldırdığı talaş miktarı) ve işleme süresidir. Az ve normal paso denemeleri sonucu üretilen supapların dairesellikleri ölçülmüştür. Bu veriler için T-testi yapılarak, iki veri setinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Optimum paso miktarı için süreç yeterliliği analizi yapılarak az paso miktarı ile daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Daha sonra, işleme süresi için 3 deneme yapılmıştır. Elde edilen verilerle T-testleri yapılarak verilerin farklı oldukları görülmüştür. Süreç yeterliliği analizi yapılarak dairesellik probleminin çözümü için optimum sürenin 10 saniye olduğu ortaya konmuştur. Salgı problemi için model kurularak regresyon analizi yapılmıştır. Salgı probleminin kafaüstü, sede ve sap salgısından kaynaklanmadığı regresyon analiziyle ortaya konmuştur. Problemin, taşlama işlemini gerçekleştiren taştan ve supabı işlerken tutan pens mekanizmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Tedarikçiyle görüşülerek taş değiştirilmiştir ve supabı iki değil, tek noktadan tutan pens tercih edilerek salgı

1 **Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN**, Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü.

2 **Nilay ŞAHİN**, ÖSYM Başkanlığı.

açısından süreç yeterli hale gelmiştir. Altı sigma projesinin sonucunda sigma seviyeleri problemlili süreçler için 1,68 ve 1,69 iken, iyileştirmeler sonrası 4,64 ve 4,89'e yükseltilek başarılı bir altı sigma projesi gerçekleştirilmiştir. Firmadaki siyah kuşakla görüşülerek firmanın altı sigmaya bakış açısı ortaya konmuştur. Firma, altı sigmayı TKY çatısı altında, çok güçlü istatistikî yönü olan bir kalite aracı olarak tanımlamıştır. Bu bilgiler ışığında, firmada TKY ve altı sigma için "Altı sigma + diğer kalite araçları = TKY" formülü ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Toplam Kalite Yönetimi (TKY), Uygulama, TÖ-AİK (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol), Süreç Yeterliliği, Minitab.

AN APPLICATION OF SIX SIGMA IN PRODUCTION WITHIN THE FRAMEWORK OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT IN PRODUCTION

ABSTRACT

The purpose of this study is to apply six sigma in a firm producing valve within the framework of Total Quality Management (TQM) approach. Fiat, an important client of the firm, made some modifications on the valves produced for it and therefore, the machines on which the valves are produced became incompetent. To overcome this deficiency, a six sigma project was conducted. First, the problems about the valves were defined. These were circularity and deflection problems. The root causes of these problems were discovered with the help of fishbone diagrams. The values having optimum results were determined by making some modifications on the parameters entered in the machines during the production phase. These parameters are the amount of cutting depth (the amount of swarf that the machine puts away at once while processing the valve) and the process period. The circularity of valves produced as a result of low and normal cutting depth tests were measured. T-test was applied for the data and it was seen that the two data sets were different from each other. Furthermore, it was realized that better results were obtained with low amount of cutting depth by making the process capability analysis for the optimum amount of cutting depth. Then, three trials were conducted for the process period. The T-Tests were applied to these data and it was seen that they were different. The process capability analysis revealed that the optimum duration was 10 seconds for the solution of circularity problem. A regression analysis was done by developing a model for the deflection problem and it was shown that deflection problem was not sourced from bonnet, body and shank deflection. It was understood that the deflection problem was due to the pens mechanism that holds the valve while processing it and the grinding wheel that performs the process. The grinding wheel was changed after discussing with the supplier and process became capable by preferring pens that holds the valve from one point instead of two. At the end, a successful six sigma project was applied via raising the sigma levels from 1,68 and 1,69 for the problematic processes to

the levels 4,64 and 4,89. Via interviews with the black belt, the viewpoints of the firm on six sigma were presented. The firm defined six sigma as a quality tool with very powerful statistical aspect under the umbrella of TQM. Finally, the following formulation was proposed in the firm: "Six Sigma + Other Quality Management Tools = TQM".

Keywords: Six Sigma, Total Quality Management (TQM), Application, DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), Process Capability, Minitab.

1. ALTI SİGMA KAVRAMI

Sigma aslen yunan alfabesinde bir harf olmakla birlikte matematikçiler ve istatistikçiler için standart sapmayı ifade etmektedir. Sigma, işletmelerdeki performansın iyi ya da kötü olduğunu saptamak amacıyla kullanılan bir ölçüdür. Bir başka deyişle, çelik üretiminden gazete dağıtımına kadar ne iş olursa olsun, bir işletmenin yaptığı hataların sayısını belirlemek için kullanılmaktadır (Chowdhury, 2001:26).

Sigma skalası birim başına hata, milyondaki hata sayısı ve hata olabilme olasılığı ile yakından alakalıdır. Altı ise süreçte ölçülen sigma sayısıdır. Bunun karşılığı da, milyonda 3,4 hata olarak tanımlanmaktadır (Kaushik ve Khan-duja, 2008:10). Sigma seviyeleri ve milyonda hata sayıları aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir;

Çizelge 1. Sigma-Milyonda Kusur Sayısı Dönüşümü Çizelgesi

Proses Sigma Düzeyi	Milyonda Kusur Sayısı (PPM)
$\pm 6 \sigma$	3,4
$\pm 5 \sigma$	233
$\pm 4 \sigma$	6210
$\pm 3 \sigma$	66807
$\pm 2 \sigma$	308537
$\pm 1 \sigma$	690000

Kaynak: Pande ve Holpp, 2001:10

Farklı yazarlar ve otoriteler tarafından altı sigma farklı şekillerde tanımlanmıştır:

"Altı sigma süreçlerdeki varyasyonu azaltmak amacıyla uzman kişileri görevlendiren, yapılandırılmış bir düzen kullanan ve performans parametreleri bulunan, amacı stratejik iş hedeflerini gerçekleştirmek olan bir yapıdır." Schroeder vd., 2008:540;

"Altı sigma hataları; israfı; üretimde, hizmette ve yönetimde oluşabilecek

kalite kontrol problemlerini elemine etmek için geliştirilmiş sistematik, disiplinli veri yönetimi temelli bir metodolojidir." ABD Phoenix Six Sigma Akademi Genel Müdürü, (Kaushik ve Khanduja, 2008:10);

"Altı sigma hataları yok ederek kaliteyi artırmayı hedefleyen ve hataların kök nedenlerini araştıran yüksek performanslı veri yönetimi tabanlı bir yaklaşımdır. Müşteriler için önemli olan kritik noktalara odaklanır. Varyasyonları yok ederek müşteri tatmini sağlar. Bu arada, finansal getiri de sağlar ve istenen hıza ve esnekliğe ulaşılır" (Thawani, 2004:657).

Bu tanımlardan ortaya çıkan sonuç, altı sigmanın müşteri isteklerini hedef alarak, süreçlerdeki varyasyonları en aza indirmeye çalışan, bunu yaparken özel eğitim almış kişilerden oluşan bir takım kullanan, beş adımlı bir kalite yaklaşımı olduğudur.

Bir altı sigma projesine başlarken kuruluş içinde gerekli rollerin belirlenmesi ve rollerin sorumlulukları açıkça ortaya konması gerekmektedir (Pande vd., 2004:151). Altı sigma takımını kurarken takım üyelerinin kişisel özellikleri ve teknik donanımları göz önünde bulundurulmalıdır. Altı sigmanın uygulama aşamasında yönetsel ve operasyonel bakımdan birçok farklı rol ortaya çıkmaktadır (Savolainen ve Haikonen, 2007:7). Bir altı sigma projesinde proje sponsoru (şampiyon), usta siyah kuşak, siyah kuşak, yeşil kuşak ve finansal temsilci gibi roller mevcuttur (Snee ve Hoerl, 2005:24). Proje sponsoru, bir altı sigma projesinde işin esas sahibidir ve lider konumundadır (Snee ve Hoerl, 2005:25). Usta siyah kuşaklar, tam zamanlı olarak çalışarak ekiplere, ekip liderlerine veya siyah kuşaklara destek verirler (Bendell, 2005:971). Siyah kuşaklar, bir altı sigma projesinin belkemiğidirler. Tam zamanlı olarak kendilerini altı sigma projelerine adanmışlardır (Hoerl, 2001:393). Yeşil kuşaklar, genelde bir şampiyonun, uzman siyah kuşağın ya da siyah kuşağın altında çalışırlar. Projelerde tam zamanlı olarak değil, yarı zamanlı olarak görev alırlar (Snee ve Hoerl, 2005:25). Finansal temsilci ise, projenin başında şampiyon tarafından ortaya konan "Proje Bildirisi"nde yer alan finansal getiri, firmanın finans ya da muhasebe bölümünden bir temsilci tarafından onayı gerçekleştiren kişidir (Özturaç ve Bayraktar, 2007: 25).

İlk kez 1985 yılında ABD'de Motorola tarafından uygulanan altı sigma, zamanla pek çok şirket tarafından kabul görmüştür (Linderman vd., 2003:194). Altı sigmayı başarıyla uygulayan diğer firmalar arasında, Allied Signal/ Honeywell, Ford, Citibank, Pirelli, Quantum, Nokia, Volvo, Jaguar gibi firmalar yer almaktadır. Motorola, altı sigma uygulaması sonucu beş kat artan satışlar sayesinde, kârını yaklaşık % 20 arttırmıştır. Ayrıca, toplamda 14 milyar dolarlık tasarruf sağlamıştır ve borsadaki hisselerinden elde ettiği kazanç yaklaşık % 21'lik bir orana ulaşmıştır. Allied Signal/Honeywell'in altı sigma sayesinde pazar değeri yılda % 27'lik artış göstermiştir (Pande vd., 2004:35).

Dünyada yaygın bir şekilde kullanılan altı sigma, Türkiye'de de birçok firma tarafından uygulanmaktadır ve bu sayede kurumsallaşma ve büyüme anla-

mında önemli deneyimler kazanılmaktadır. Türkiye’de bu uygulamaya geçen firmalardan bazıları, Çimtaş, Kordsa, Vestel, Arçelik, Borusan, Ford Otosan, Kalekim, Bsh-Profilo, Teba, Vitra, Bosch, Ego ve Fırat Plastik’tir (www.spac.com.tr).

Altı sigmanın uygulama aşmasında TÖAİK (tanımlama-ölçme-analiz-iyileştirme-kontrol) olarak adlandırılan bir yol izlenmektedir. İzleyen alt başlıkta bu adımlar ele alınmaktadır.

2. ALTI SİGMANIN AŞAMALARI TÖAİK (TANIMLAMA, ÖLÇME, ANALİZ, İYİLEŞTİRME, KONTROL)

Altı sigma proje yönetimi temelli bir metottur. Bu yüzden belirli bir başlangıç ve bitiş tarihi vardır. Altı sigma uygulanırken tanımlanmış bazı adımlar uygulanır. Beş adımlı bu uygulamanın her adımında neler yapılacağı daha önceden belirlenmiştir. Önce, eldeki sorun tanımlanır, sonra şirketin içinde olduğu durum ölçülür, sonra problemin nerede olduğu tespit edilir, bir başka deyişle, analiz edilir, problemle ilgili koşullar iyileştirilir ve son adımda da yeni sistemin iyi bir biçimde işleyip işlemediği kontrol edilir (Chowdhury, 2001:75). Bu adımların ne işe yaradığı ve neler içerdikleri bu bölümde açıklanmıştır.

2.1. Tanımlama

Altı sigmanın ilk adımı olan tanımlama projenin en önemli adımıdır; çünkü problem ne kadar iyi tarif edilirse, çözüm de o kadar kolay olmaktadır. Bir problemi tanımlamadaki amaç, iyileşme için süreci ya da ürünü belirleme, müşterinin sesini dikkate alarak müşteri ihtiyaçlarını belirleme ve kalite için gerekli olan noktaların müşteri ihtiyaçlarına göre belirlenmesidir (Kaushik ve Khanduja, 2008:14).

2.2. Ölçme

Ölçme basamağında üründe oluşan hata sayısı saptanarak süreç hakkında gerçek veriler elde edilmiş olur (Kaushik ve Khanduja, 2008:16). Bu adımda, mevcut durum ortaya konmaktadır. Süreçte var olan hataları, bir anlamda iyileştirme fırsatlarını, ortaya koymak için yapılması muhtemel analizlerin öncesinde, problemlili noktaların net bir biçimde ortaya konması ve iyileştirilmede kullanılacak yöntemlerin bu bilgiler kullanılarak seçilmesi gerekmektedir.

2.3. Analiz

Süreçte problemlili olan noktaların belirlenmesinden sonra, bu problemlilerin işletme kârına, müşteri tatminine, süreç performansına ve verimliliğe olan etkileri belirlenmektedir. Bunlar belirlendikten sonra, hataların niçin yapıldığı analiz edilerek bu hataların nasıl giderileceğinin bulunması gerekmektedir (Baş, 2003:33). Bu aşamada, görünen nedenlerin altındaki kök neden-

ler bulunarak geçici değil, kalıcı çözümler bulunmuş olunur.

2.4. İyileştirme

Bu adımda, sistemde saptanan hataların nasıl iyileştirileceği üzerinde durulmaktadır; fakat hemen harekete geçilmemektedir. Bundan önceki aşamalarda elde edilen veriler, dikkatlice gözden geçirilmektedir. Bunun sonucunda, mevcut problemin net bir biçimde anlaşılıp anlaşılmadığı, mevcut kaynaklarla çözülebilecek durumda olup olmadığı, halledilmesi halinde şirkete çeşitli açılardan yarar sağlayıp sağlayamacağı, çözümüne yardımcı olacak verilere sahip olunup olunmadığı ve temel nedenleri ile çözümlerinin doğru olarak belirlenip belirlenmediği ortaya konmuşsa, artık iyileştirme aşamasına geçilebilir ve önerilen çözümler denenmeye başlanabilir demektir (Baş, 2003:35).

2.5. Kontrol

Mevcut problem için iyileştirmeler gerçekleştirildikten sonra sistemin kursosuz bir biçimde işleyip işlemediği kontrol edilmektedir. Böylece gerçekleştirilen iyileştirmelerin sonuçları net bir biçimde ortaya konulur. Öte yandan da, süreç kontrol altında tutulur.

Gürsakal ve Oğuz' a göre aşağıdaki liste takip edilerek kontrol aşamasının düzgün bir biçimde işleyip işlemediği kontrol edilebilir (Gürsakal ve Oğuzlar, 2003,s.61).

- Proje beyanındaki hedeflere ulaşıldı mı?
- Çözümün etkililiğinin devamını ölçmek için gerekli çalışmalar yapılıyor mu?
- Süreçle ilgili diyagramlar ve grafikler hazırlandı mı?
- Revize edilen sürece ait yeni akış şemaları hazırlandı mı?
- Proje esnasında altı sigma takımının topladığı verileri ve yaptığı işi anlatan doküman hazırlandı mı?
- Takım başarılarından dolayı kutlandı mı?

İzleyen bölümde, altı sigmadaki kritik başarı faktörleri anlatılmaktadır.

3. ALTI SİGMADA KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİ

Altı sigma metodolojisi başarılı bir biçimde uygulandığında firmalara birçok fayda sağlamaktadır. Bunların başlıcaları; maliyette azalma, verimlilikte artış, müşteri bağlılığı sağlama, hata oranlarının azalması olarak sıralanabilir.³ Fakat başarılı bir uygulama için birtakım hususlara dikkat edilmesi gerekir.

3 *Örneğin, soğuk algınlığının tedavisinde kullanılan pastil üreten bir firmada gerçekleştirilen bir çalışmada, altı sigma uygulaması sayesinde üretim süreci kontrol altına alarak hatalı olarak üretilen pastil sayısı, onbinden bire düşürülmüştür (Knowles vd., 2004:292).*

Başarı getiren faktörlerden en önemlisi yönetimin katılımı ve bağlılığıdır. Altı sigma süreci, üst yönetimden başlayıp alta doğru yayıldığından üst yönetime burada büyük bir sorumluluk düşmektedir (Hekmatpanah vd, 2008). Bu süreçte, eğitim de önemli bir yer tutmaktadır. Altı sigmada özel eğitilmiş kişiler görevlendirilmektedir (Rowlands, 2003:20). Altı sigmanın başarıyla uygulanması için gereken bir diğer önemli nokta da, altı sigma eğitiminin üst yönetimden başlayıp, tüm ekip üyelerine verilmesidir. Katılımcıların en son tekniklerden, araçlardan haberdar edilmeleri gerekmektedir (Kwak ve Anbari, 2006:714).

Altı sigmadaki bir diğer başarı faktörü ise, uygulanan "Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol (TÖAİK)" den oluşan 5 adımlı yol haritasıdır (Banuelas ve Antony, 2002:94).

Altı sigmayı uygulayan bir firmada kültürel değişimin sağlanması, bir başka deyişle, altı sigma yaklaşımının bir kültür olarak benimsenmesi de, bir diğer başarı unsurudur. Altı sigma bütünsel bir yaklaşım olduğundan, bir şirket kültürü olarak benimsenmesi, firmanın tüm departmanlarına yayılması, tek departmanla sınırlı kalmaması gerekmektedir (Caulcutt, 2001:302). Ayrıca, firmada altı sigma uygulamasıyla beraber kültürel bir değişim yaşanacağından, örgütsel altyapının da bu değişimi kaldıracak güçte olması gerekir (Koçel, 2003: 690).

Altı sigmanın temeli müşteri odaklılıktır. Önemli olan müşterinin neyi, nasıl istediğidir. Bu yüzden, kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir (Banuelas ve Antony, 2002:96).

4. ÖRNEK BİR ALTI SİGMA UYGULAMASI

Çalışmanın bu bölümünde, altı sigmayı uygulamakta olan bir firmayla temas geçilerek örnek bir altı sigma uygulaması gerçekleştirilmiştir.

ABC firması, Türkiye'de uzun süredir altı sigma uygulayan bir holdinge bağlı bir kuruluş olup, 3 Eylül 1970 tarihinden bu yana Eaton SRL lisansı ile üretim yapmaktadır. Her türlü içten yanmalı motorlar için motor supabı, supap gaydı ve tırnak imal etmekte, satmakta ve bayileri kanalı ile dağıtmaktadır.

Firma, 2002 yılında altı sigmayı uygulamaya başlamıştır. Firmanın altı sigmayı uygulamaya geçirmesi Caterpillar (CAT) ile iş yapmaya başlamasına dayanır. CAT, çalıştığı firmaların altı sigma uygulamasını zorunlu kıldığından firmadaki üst düzey yöneticiler, altı sigmayı uygulamaya karar vermiştir. Bunun sonrasında, altı sigma için gereken eğitimler firma tarafından alınmış ve siyah ve yeşil kuşaklar yetiştirilmiştir. Şu anda firmadaki siyah kuşaklar, tam zamanlı olarak altı sigma projeleri ile uğraşmaktadırlar. Yeşil kuşaklar ise, zamanlarının yaklaşık olarak %20'sini projelere adamaktadırlar.

Firmada 3'ü üst düzey yönetici olmak üzere, toplamda 6 adet siyah kuşak

bulunmaktadır. Uzman siyah kuşak ise, üst düzey yöneticilerden bir kişidir. 150 adet uzman yeşil kuşak vardır. Firmada toplamda, 275 çalışan bulunmaktadır. Çalışan sayısı göze alındığında, firmanın büyük ölçekli olduğunu göstermektedir.

4.1. Altı Sigma Projesine Giriş

Firmada yürütülen altı sigma projesi supap üretimiyle ilgilidir. Fiat supaplarında meydana gelen değişiklik sonucu diğer marka supaplara nazaran, Fiat marka supapların spesifikasyonları tutmadığı için ıskartaya ayrılma oranı çok yükselmiştir ve bu da supapların yeniden işlenmesi, işçilik harcamaları, bir sonraki tezgahta supapların tekrar işlenmesi, supapların silinmesi gibi pek çok ekstra maliyete sebep olmuştur. Ayrıca zamanında sevkiyat yapamama, dolayısıyla, satış kaybetme riski de ortaya çıkmıştır. Müşteri kaybetmemek ve ekstra maliyetleri yok edebilmek adına bu projenin yapılmasına karar verilmiştir.

Proje kapsamında ilk olarak, resim değişikliğinin sonucunda müşterinin istediği supapları üretebilmek adına birtakım ufak değişiklikler yapılmıştır. Taşlama tezgahı bileme motorunu hızlandırmak için sürücü ve motor değiştirilmiştir. Bu sayede, daha hızlı ve pürüzsüz bilenme gerçekleştirilmiştir. Tezgah komple bakımdan geçirilerek kaçak ve mekanik kusurlar giderilmiştir. Bu ufak iyileştirmeler, sadece başlangıç aşamasında yapılan iyileştirmelerdir. Bunlar yapıldıktan sonra, altı sigma projesinin beş adımına başlanmıştır.

4.2. Tanımlama

Tanımlama aşamasında ortadaki teknik problem açıkça tanımlanmıştır. Mevcut durumda meydana gelen yetersizliklerin nedeni, Fiat supaplarının teknik resimlerinde meydana gelen değişikliklerdir. Resim değişikliği sonucu iki ana problem ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri, dairesellik, diğeri ise, salgı problemidir. Dairesellik problemi, supabın kafa kısmının tam olarak daire olmamasından kaynaklanmaktadır. Salgı problemi ise, supabın baş kısmı ile sap kısmının eksenlerinin aynı paralellikte olmamasıdır. Yeni resim değişikliğiyle dairesellik değeri maksimum 0,006 mm ve salgı değeri ise maksimum 0,03 mm olarak belirtilmiştir. Bu değişiklik yüzünden;

- Taşlama tezgahı bu yeni değerlerin altında supap üretememiştir.
- Taşlama tezgahı sonrası işlem yapan tezgaha teslim edilen supapların bu değerlerin altında olduğunu güvence altına alması beklenen tezgah 0,004-0,006 mm arası dairesellikleri ayıramamıştır.
- Bir sonraki tezgah önünde biriken Fiat supapları olmuştur ve sevkiyat gecikmeleri yaşanmıştır.

Tanımlama aşamasında, müşterinin ne istediği ortaya konmaktadır. Fiat, ABC firması için önemli bir müşteridir ve ABC firması Fiat'ı kaybetmek iste-

memektedir. Fiat'ın ABC firmasından ne istediği Fiat'la görüşülerek ortaya konmuştur ve bu şekilde müşterinin sesi elde edilmiştir. Fiat'ın istekleri;

- İstenilen özelliklere uygunluk,
- Zamanında sevkiyat,
- Uygun fiyattır.

Fiat için kritik olan noktalar, teknik resme uygun supaplar üretilmesi ve kaliteli üründür. Bu kritik noktaların kontrol edilebilir olabilmesi için daireselliğin maksimum 0,006 mm, salgıların maksimum 0,03 mm olması gerekmektedir.

Projenin ilk aşaması olan tanımlama aşamasında, proje beyanı ortaya konulmuştur. Proje beyanında mevcut iş durumu, hedef bildirim, projenin planı, fırsat bildirisi, proje kapsamı ve proje ekibinde kimler olacağı belirtilmiştir. Proje kapsamında kullanılan proje bildirisi, Ek-1'de belirtilmiştir.

Tanımlama aşamasında proje ekibinde var olan insanların olaya aynı bakış açısından bakmalarını sağlamak açısından çok faydalı olan Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri (TGSÇM) çizelgesi çizilmiştir. Her aşamada, ne gibi verilerin olduğu bir çizelge çizilerek ortaya konmuştur. Çizelge şu şekildedir;

Çizelge 2. TGSÇM Çizelgesi

T (Tedarikçi)	G (Girdi)	S (Süreç)	Ç (Çıktı)	M (Müşteri)
Prefiniş	Toplam Boyu taşlanmış Supap	Taşılama Tezgâhı	Yarımamul Supap	Mekanik Finiş Tezgâhı
CT4	Tezgâh		Tashih Supaplar	FKK Hattı
Teknik Büro	Operatörler		Hurda İşletme Malzemeleri	Dış Müşteri
Karbosan	Operasyon Sayfaları		Fire Supap	
Molemab	Taşılama Taşı			
Diamsan	Kesme Yağı			

Tanımlama aşamasında proje beyanı, TGSÇM diyagramı ve müşterinin sesi teknikleri kullanılmıştır. Altı sigma takımındaki siyah kuşaklar sürece hakim olduğundan ve takımdaki kişilerin tecrübelerine güvenildiğinden ve zaman kısıtı olduğundan dolayı ağaç diyagramına ve süreç akış diyagramının kullanılmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

4.3. Ölçme

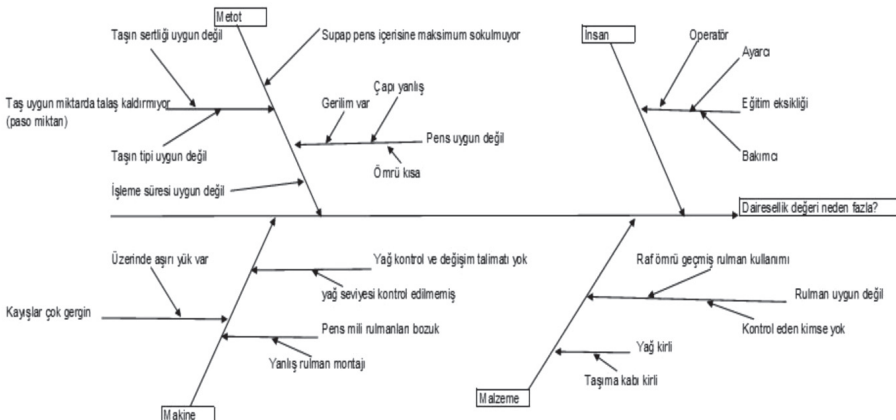
Ölçme aşamasında supaplar için gerekli ölçümler, görevlendirilen kişiler tarafından yapılmıştır. Bu ölçümler yapılırken supapların salgı değerinin ölçülmesi için komperatörden faydalanılmıştır. Supap bir yere sabitlenerek, ucunda mıknatıs olan ölçüm cihazı, yani komperatör, supabın kafa üstü, sap, sede ve boyun kısımlarına dokundurularak supabın salgı miktarı ölçülmüştür. Supapların daireselliğin ölçümleri ise, baş kısmının kumpas yardımıyla ölçülmesiyle elde edilmiştir. Supapların baş kısımlarının mükemmel daire olup olmadığı ölçüm yapılarak anlaşılmıştır. Bu ölçümler sayesinde, analiz aşaması için gerekli veriler elde edilmiştir.

4.4. Analiz

Analiz aşamasında, teknik resim değişiminden sonra meydana çıkan salgı ve dairesellik problemlerinin nerelerden kaynaklanabileceği, altı sigma proje ekibi tarafından balıkkılçığı yöntemiyle beyin fırtınası yapılarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Balıkkılçığında olası sebepler metot, malzeme, makine ve insan olarak sınıflandırılmıştır.

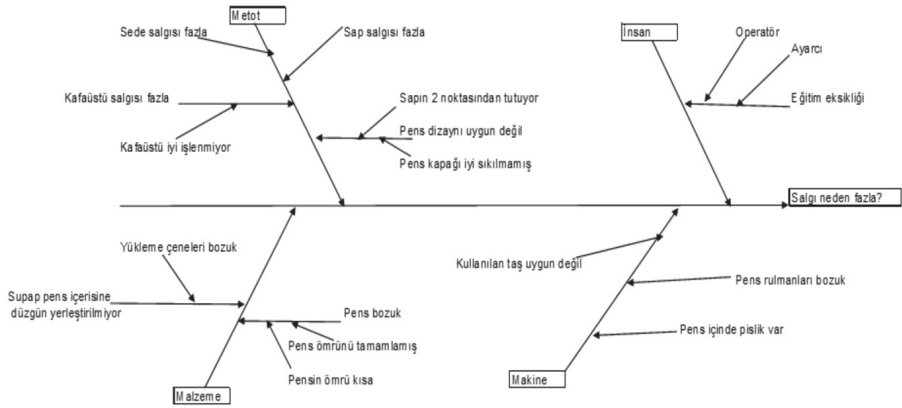
Dairesellik değerinin fazla olmasının sebebi, metot, insan, makine ve malzeme ana başlıkları altında incelenmiştir. İnsan faktöründe operatör, ayaracı ve bakımcinin eğitimlerinin eksik olabileceği ortaya konmuştur. Metot faktöründe, taşın uygun miktarda talaş kaldırmadığından, pensin ve işleme süresinin uygun olmadığından ve supabın pens mekanizmasına yeterince sokulmadığından şüphelenilmiştir. Makine faktörü ana başlığı altında, makinedeki kayışların çok gergin olduğundan, yağ seviyesinin kontrol edilmediğinden ve rulmanlardan şüphelenilmiştir. Malzeme açısından ise, yağın kirli olduğundan, rulmanların raf ömürlerinin bitmiş olduğundan ve uygun olmadığından şüphelenilmiştir. Çizilen balıkkılçığı diyagramı Şekil 1'de belirtilmiştir.

Şekil 1. Dairesellik Problemi İçin Balıkkılçığı Diyagramı



Salgı değerinin fazla olmasının sebebi metot, insan, makine ve malzeme ana başlıkları altında incelenmiştir. İnsan faktöründe, operatör ve ayarcının eğitimlerinin eksik olabileceği ortaya konmuştur. Metot faktöründe sap, sede ve kafaüstü salgılarının fazla olabileceği ve supabı makinede işlerken tutan pens dizaynının uygun olmadığı düşünülmüştür. Makine faktörü ana başlığı altında, kullanılan taşın uygun olmadığından, pens rulmanlarının bozuk olduğundan ve pensin içinde pislik olduğundan şüphelenilmiştir. Malzeme açısından ise, pensin bozuk olduğundan ve supabın pens içine yeterince sokulmadığından şüphelenilmiştir. Çizilen balıklıçığı diyagramı Şekil 2’de belirtilmiştir.

Şekil 2. Salgı Problemi İçin Balıklıçığı Diyagramı



Balıklıçığı diyagramında ortaya konan olası sebeplerin üzerinde durularak dairesellik ve salgı problemleri için çeşitli denemeler yapılmıştır. Öncelikle, dairesellik problemi üzerinde durulmuştur. Supap tezgahta işlenirken 2 tane parametre bulunmaktadır. Bunlardan ilki, tezgahdaki işleme ucunun (taşın) supap üzerinde bir kere gidip geldiğinde kaldırdığı talaş miktarı, yani paso miktarı, ikincisi ise, supabın işlenme süresidir. Bu iki faktörden, balıklıçığı diyagramında da bahsedilmiştir. Altı sigma takımındaki siyah kuşağın tecrübesinden faydalanılarak bu iki faktöre öncelik verilmiştir ve bunların üzerinde denemeler yapılarak iyi sonuçlar elde edilip edilemeyeceği araştırılmıştır.

İlk denemede işlenme süresi sabit tutularak paso miktarı üzerinde denemeler yapılmıştır.

4.4.1. Farklı Paso Miktarları İçin Denemeler

Tezgahın işleme ucunun her gidiş gelişte kaç mm talaş kaldıracacağı tezgahta ayar yapılarak kontrol edilmektedir. Az paso, (0,15-0,20) mm ve normal

paso (0,20-0,25) mm miktarları için denemeler yapılmıştır. İlk önce, tezgah az paso miktarına ayarlanarak 60 adet supap üretilmiştir ve supapların dairesellik değerleri ölçülmüştür. Sonra, normal paso miktarı ile üretim yapılmıştır. Yine, 60 adet supap üretilerek dairesellik değerleri ölçülmüştür.

Yapılan denemeler sonucu elde edilen supapların az paso ve normal paso miktarları kaldırılarak üretilen supaplar için dairesellik değerleri karşılaştırılmıştır. İki grup arasında fark olup olmadığı T-testi ile araştırılmıştır. T-testi için elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Dairesellik Normal Paso ve Dairesellik Az Paso İçin İkili T-Testi

N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalama
Dairesellik NPaso	60	3,710	0,589	0,076
Dairesellik AzPaso	60	3,172	0,494	0,064

Fark = Ortalama (Dairesellik NPaso) - Ortalama (Dairesellik APaso)

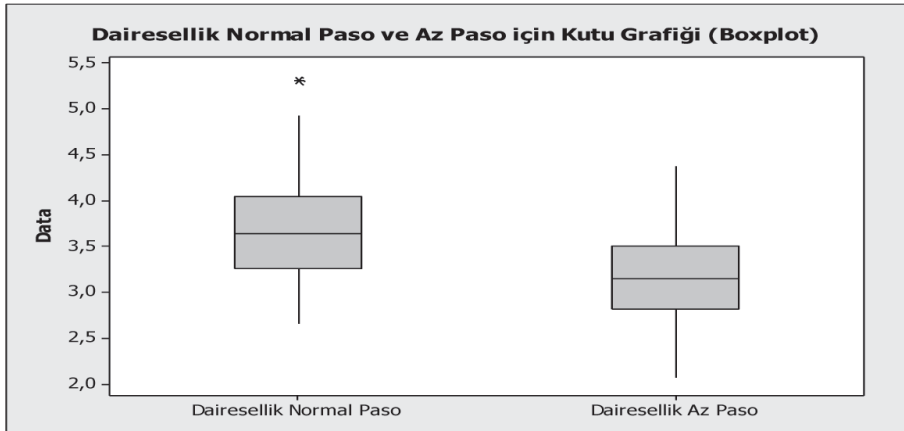
Fark İçin Tahmin: 0,5385

% 95 Güven Aralığında Fark: (0,3419; 0,7351)

Farkın T-Testi = 0 (vs not =): T-Değeri = 5,43 P-Değeri = 0,000 Serbestlik Derecesi (DF) = 114

Görüleceği üzere, p değeri 0,000'dır. Bu değer, 0,05'ten küçüktür. Bir başka deyişle, iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu anlaşılmıştır. Görsel olması açısından verilerle bir de, kutu grafiği (boxplot) çizilmiştir. Şekil 3'te görüleceği üzere, normal paso ve az paso miktarlarıyla üretilen supapların dairesellik değerleri birbirinden farklıdır.

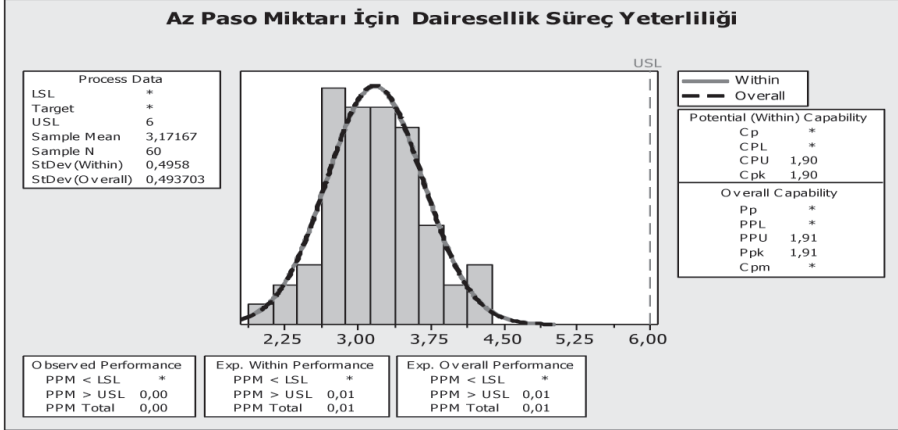
Şekil 3. Dairesellik Normal Paso ve Az Paso İçin Kutu Grafiği



Az paso ve normal paso miktarlarıyla üretilen supapların dairesellik değerlerinin farklı olduğu anlaşıldıktan sonra, süreç yeterliliği analizleri yapılmıştır. Buradaki amaç, üretim yapılırken tezgaha girilmesi gereken optimum paso miktarı değerini bulabilmektir.

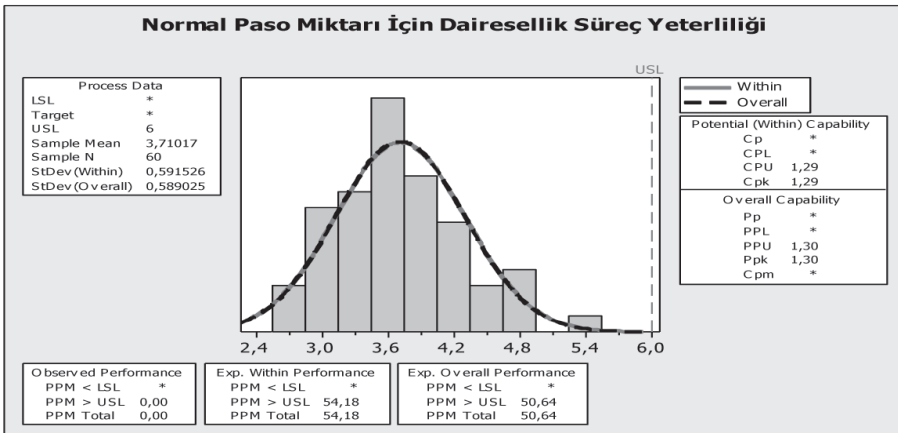
Şekil 4, az paso miktarı (0,15-0,20) mm ile üretilmiş supaplardan elde edilen verilere ait süreç yeterliliğini göstermektedir.

Şekil 4. Az Paso Miktarı İçin Dairesellik Süreç Yeterliliği Grafiği



Değerlerden görüleceği üzere, Cpk (süreç yeterlilik indisi) genel kabul görmüş 1,33⁴ değerinden yüksektir (1,90) ve süreç yeterlidir. Şekil 5'te ise, paso miktarı normal düzeyde tutulmuştur. Bu değer de (0,20-0,25) mm aralığındadır. Sonuçlara bakıldığında, 1,29 olan Cpk değerinin 1,33 değerinin altında kaldığı ve sürecin yeterli olmadığı görülmektedir.

Şekil 5. Normal Paso Miktarı İçin Dairesellik Süreç Yeterliliği Grafiği



4 Cpk eğer 1,33'ten büyük olursa süreç yeterlidir (Montgomery ve Runger, 2011:667).

Denemelerin sonucunda az paso miktarı (0,15-0,20) mm ile üretim yapıldığında daireselliklerin iyileştiği, normal paso miktarı için (0,20-0,25) mm ile üretim yapıldığında ise daireselliklerin kötüleştiği anlaşılmıştır. Bunun sonucunda, üretim yapılırken tezgaha az paso miktarı değeri girilmesine karar verilmiştir.

4.4.2. Farklı İşleme Süreleri İçin Denemeler

Bu denemede, paso miktarları sabit tutularak, supabı işleme süresi 10 sn tutularak deneme yapılmıştır. İkinci deneme, 12 sn işleme süresi için yapılmıştır. Son deneme ise, yine 12 sn için yapılmıştır; fakat bu sefer tezgaha işleme ucunun supabın sap kısmının daha az, baş kısmının ise, daha fazla işlenmesi sağlanmıştır. Bu değerler, tezgaha girilerek üretim yapılmıştır. Bu şekilde, 60'ar adet supap (toplamda 180 adet) üretilmiştir. Daha sonra, elde edilen verilerle ikili ikili T-testleri yapılarak veriler arasında anlamlı bir fark olup olmadığına bakılmıştır. Sonuçlar şu şekildedir:

Dairesellik 10 sn ve Dairesellik 12 sn İlerleme İçin İkili T-Testi

N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalama
Dairesellik 10 sn	60	3,631	0,528	0,068
Dairesellik 12 sn İlerleme	60	4,837	0,653	0,084

Fark = Ortalama (Dairesellik 10 sn) - Ortalama (Dairesellik 12 sn İlerleme)

Fark İçin Tahmin: -1,205

% 95 Güven Aralığında Fark: (-1,420; -0,990)

Farkın T-Testi = 0 (vs not =): T-Değeri = -11,12 P-Değeri = 0,000 Serbestlik Derecesi (DF) = 113

Dairesellik 12 sn İlerleme ve Dairesellik 12 sn Bekleme İçin İkili T-Testi

N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalama
Dairesellik 12 sn İlerleme	60	4,837	0,653	0,084
Dairesellik 12 sn Bekleme	60	4,589	0,654	0,084

Fark = Ortalama (Dairesellik 12 sn İlerleme) - Ortalama (Dairesellik 12 sn Bekleme)

Fark İçin Tahmin: 0,248

% 95 Güven Aralığında Fark: (0,011; 0,484)

Farkın T-Testi = 0 (vs not =): T-Değeri = 2,08 P-Değeri = 0,040 Serbestlik Derecesi (DF) = 117

Dairesellik 10 sn ve Dairesellik 12 sn Bekleme İçin İkili T-Testi

N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ortalama
Dairesellik 10 sn	60	3,631	0,528	0,068
Dairesellik 12 sn Bekleme	60	4,589	0,654	0,084

Fark = Ortalama (Dairesellik 10 sn) - Ortalama (Dairesellik 12 sn Bekleme)

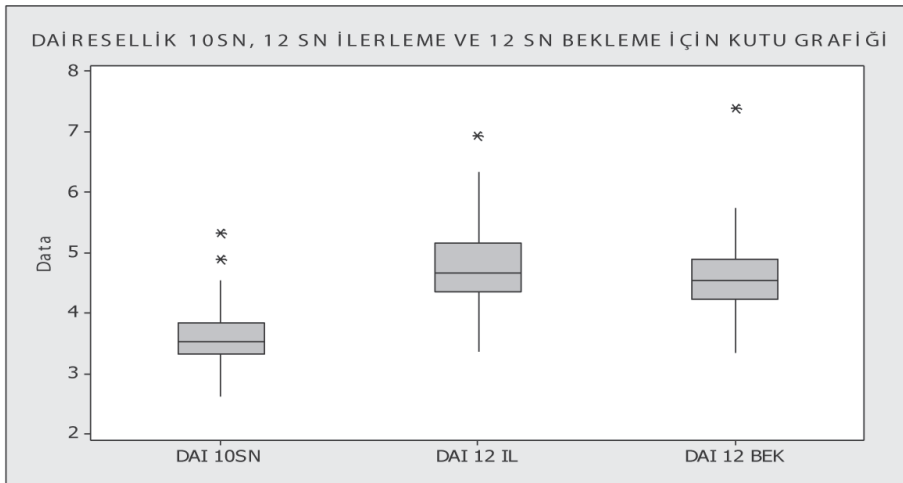
Fark İçin Tahmin: -0,958

% 95 Güven Aralığında Fark: (-1,173; -0,743)

Farkın T-Testi = 0 (vs not =): T-Değeri = -8,82 P-Değeri = 0,000 Serbestlik Derecesi (DF) = 113

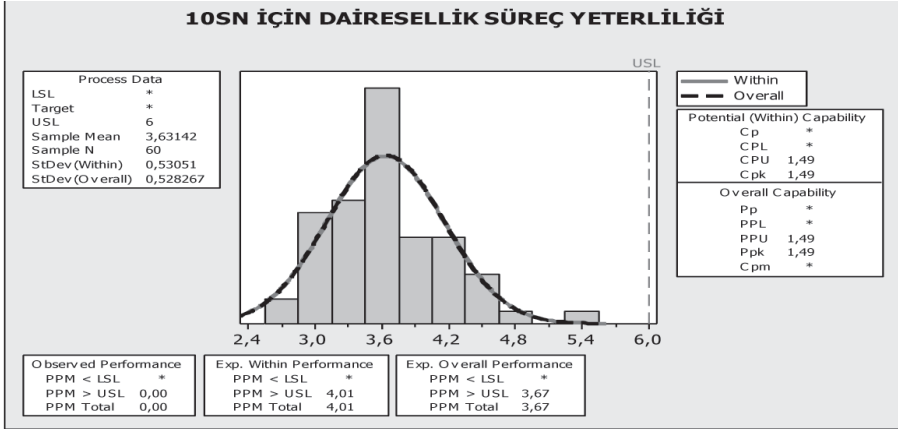
T-testi çıktılarında p değerine bakıldığında 0,05'ten küçük olduğu görülmektedir. Bu da, ikişer ikişer bakıldığında veriler arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Şekil 6'da görüleceği üzere verilerin ortalamaları birbirinden farklıdır;

Şekil 6. Dairesellik 10 sn, 12 sn İlerleme ve 12 sn Bekleme İçin Kutu Grafiği



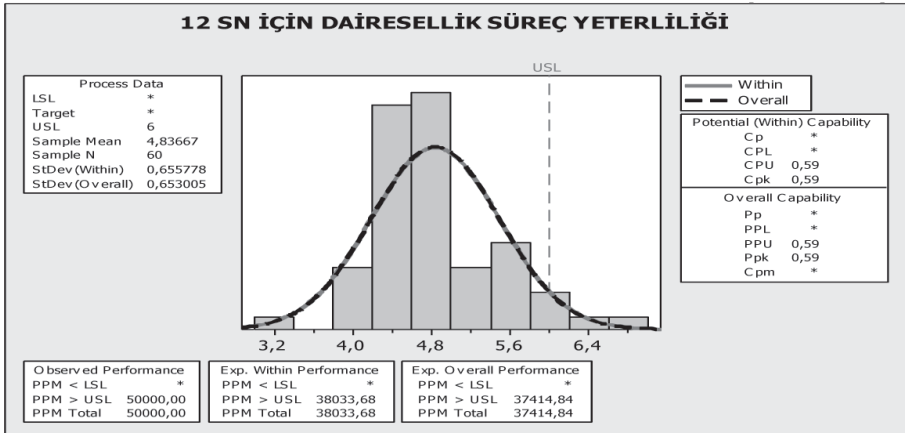
Daha sonra, optimum işleme süresini bulabilmek için paso miktarı sabit tutularak denemeler yapılmıştır. İlk denemede, işleme süresi 10 saniyedir. Paso aralığı, 0,15-0,20 mm'dir. Yapılan süreç yeterliliği analizi, Şekil 7'de gösterilmektedir.

Şekil 7. 10 sn İçin Dairesellik Süreç Yeterliliği Grafği



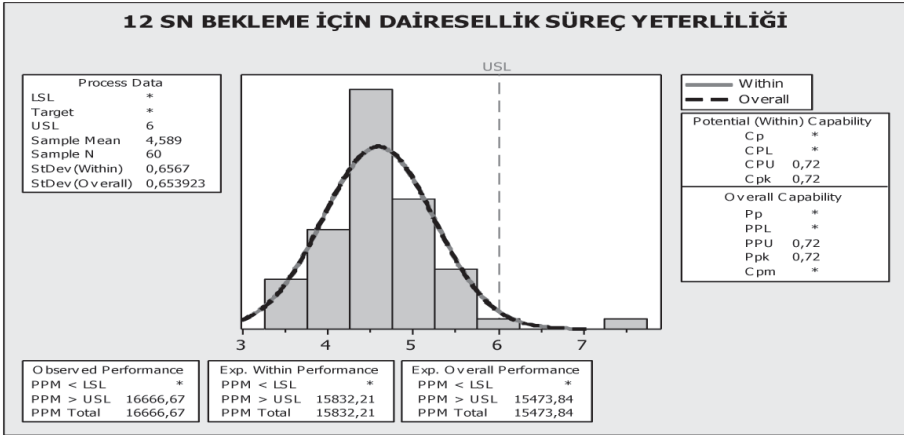
10 saniye işleme süresi ile işlenen supaplar için yapılan grafiğe göre süreç yeterlidir. 1,49 olan Cpk değerine bakıldığında, 1,33' ten büyük olduğu görülmektedir. Aynı grafik, işleme süresi uzatılarak (12 sn) çizilmiştir. Yapılan süreç yeterliliği analizi Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8. 12 sn İçin Dairesellik Süreç Yeterliliği Grafği



Şekil 8'de görüldüğü üzere, süreç yeterli değildir. 1,33'ten büyük olması gereken Cpk değeri 0,59 çıkmıştır. Aynı grafik, bir de tezgahın işlerken, supabın baş kısmı üzerinde bekleme süresi uzatılarak (12 sn) gerçekleştirilmiştir.

Şekil 9. 12 sn Bekleme İçin Dairesellik Süreç Yeterliliği Grafiği



Şekil 9'da görüldüğü üzere, süreç yine yeterli değildir. Cpk değeri, 0,72, 1,33'ün altındadır.

Yapılan üç deneme sonucu, en iyi işleme süresinin 10 sn olduğu saptanmıştır. Bir başka deyişle, işleme süresi 10 sn olduğunda, süreç yeterlidir. Sürecin optimum süresinin 10 sn olması gerekmektedir.

Özet olarak, yapılan farklı paso miktarları ve hız denemeleri sonucunda şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Az paso miktarında, dairesellikte iyileşme söz konusudur.
- Paso aralığı, 0,15-0,20 olmalıdır.
- Süreç süresi uzatıldıkça, iyileşme görülmemektedir.
- 10 saniye altı için, bir deneme yapılmamıştır.
- Optimum süreç süresi "9,8-10" saniye aralığıdır.

İzleyen alt başlıkta salgı problemi için yapılan analiz anlatılmıştır.

4.4.3. Salgı Problemi İçin Yapılan Analiz

Salgı probleminin muhtemel sebepleri olarak, balıklıçığı diyagramında belirtilen kafa üstü salgısı, sede salgısı ve sap salgısından şüphelenilmiştir. Salgı problemi için bir model kurulmuş ve Minitab programında regresyon analizi yapılmıştır. Kurulan modelde salgı, bağımlı değişken, kafaüstü salgısı, sede salgısı ve sap salgısı da bağımsız değişken olarak tanımlanmıştır. Yapılan regresyon analizinde kurulan modelde sebeplerin bunlar olmadığı anlaşılmıştır. Zira p değerlerine bakıldığında hepsi 0,05'ten büyüktür. Bu da, salgı için bu üç faktörün önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca R² de, %5,6 gibi çok küçük bir rakam çıkmıştır. Buradaki R², salgı bağımlı değişkenindeki deği-

şimin, kafaüstü vergisi, sede vergisi ve sap vergisi bağımsız değişkenlerindeki değişim ile açıklanabilme gücünün sadece %5,6 olduğunu göstermektedir.

Regresyon denklemi;

Salgı = 0,0125 + 0,0337 kafaüstü vergisi - 0,0479 sede vergi + 0,0519 sap vergisi

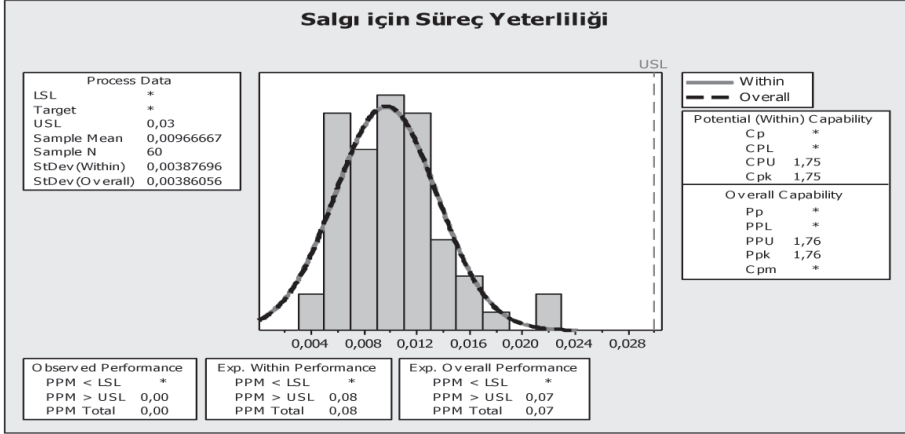
	Katsayı	Standart Hatanın Katsayısı	T	P	Varyans Şişirme Çarpanı (VIF)
Sabit Terim	0,012482	0,001502	8,31	0,000	
Kafaüstü vergisi	0,03370	0,02687	1,25	0,213	1,031
Sede vergi	-0,04789	0,03829	-1,25	0,214	1,055
Sap vergisi	0,05186	0,03484	1,49	0,140	1,058

$S = 0,00514831$ $R^2 = \%5,6$ R^2 (uyarlanmış) = %2,6

Ayrıca, birden fazla değişken olduğu için, bağımsız değişkenlerin çoklu doğrusallığı (multicollinearity) olup olmadığı da test edilmiştir. Çoklu doğrusallık, bağımsız değişkenlerin bazılarının ya da hepsinin aralarındaki ilişkinin kuvvetli olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Çoklu doğrusallık sorunu olması durumunda kurulan modelde, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni tahmin etme gücü azalmaktadır (Albayrak, 2006:68). Çoklu doğrusallık olup olmadığının anlaşılması için VIF (Variance inflation factor) değerlerine bakılmıştır. VIF değeri eğer 1'e eşitse, çoklu doğrusallık yoktur. Eğer VIF, 1 ile 5 değeri arasında ise, değişkenler arasında ılımlı nispeten bir ilişki vardır. Eğer VIF 5 ile 10 değeri arasındaysa, ilişki kuvvetlidir ve çoklu doğrusallık sorunu var anlamına gelmektedir. Modelde VIF değerlerine bakıldığında 1'e yakın değerler olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, modelde çoklu doğrusallık sorunu olmadığı ortaya konmuştur.

Salgı problemini giderebilmek adına, balıklıçığı diyagramında ortaya konan diğer faktörler için denemeler yapılmıştır. Taşlama için kullanılan taş, tedarikçinin de fikri alınarak değiştirilmiştir. Tezgâhlarda işleme esnasında supabı çift taraftan tutan pens yerine, tek noktadan tutan pens kullanılmıştır. İyileştirmeler sonucu elde edilen verilerle çizilen süreç yeterliliği analizinde de görüleceği üzere, Cpk değeri istenilen değere ulaşmıştır ve süreç yeterlidir. Bu durum Şekil 10'dan takip edilebilir.

Şekil 10 . Salgı İçin Süreç Yeterliliği



Analiz aşamasında beyin fırtınası, balıkkılçığı, T-testi, regresyon analizi ve süreç yeterliliği analizleri yapılmıştır ve bu teknikler yeterli görülmüştür. Süreç içindeki hataları oluş sıklıklarına göre sıralayan Pareto analizi, süreçteki faktörlerin ortalamalarını istatistiksel açıdan karşılaştıran varyans analizi, verileri sütunlar şeklinde gösteren histogram ve test edilebilir yargılar olan hipotez testleri kurulmasına ihtiyaç duyulmamıştır; çünkü bu teknikler projenin analiz aşamasında kullanılan diğer tekniklere göre daha fazla zaman almaktadır ve kullanılan diğer tekniklerden daha ayrıntılı bilgi vermemektedir. İzleyen alt başlıkta, iyileştirme adımı anlatılmıştır.

4.5. İyileştirme

Bu aşamada, bir önceki adımda ortaya konan iyileştirmeler hayata geçirilmiştir. İyileştirmeler yazılı hale getirilmiştir. Bu yazılara tek nokta dersleri adı verilmiştir. Salgı ve dairesellik problemi için tek nokta dersleri görsel dokümanlarla (fotoğraflarla) zenginleştirilmiştir. Operatörlerin iyileştirmeleri uygularken takip edecekleri doküman ve bu iyileştirmelerin açıklamasını içeren fotoğraflar sayesinde hata yapma riskleri azalmıştır. Tezgahların yan taraflarına asılan bu “tek nokta dersleri” sayesinde yapılan iyileştirmelerin kalıcı olması hedeflenmiştir. Zira, bir iyileştirme yapıldığı zaman, yani yeni bir düzene geçildiği zaman, çalışanlar eski sistemi uygulamaya devam etmeye meyilli olmaktadır. Değişime direnci kırabilmek için yeni sistemin gereklerinin çalışanlara sürekli hatırlatabilmek adına tek nokta dersleri faydalı bir metot olmuştur. İzleyen alt başlıkta, kontrol adımı anlatılmıştır.

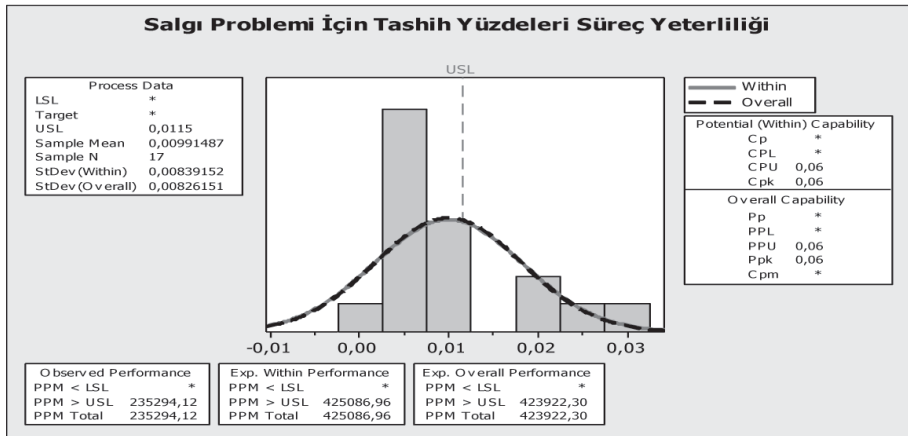
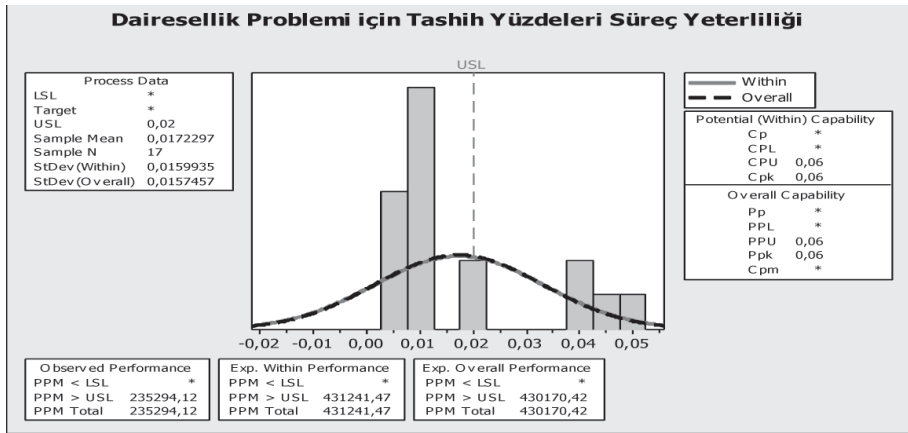
4.6. Kontrol

Projenin kontrol aşamasında iyileştirmelerden önceki ve sonraki tashi (ayırma) oranları karşılaştırılarak ne kadar düzelme kaydedildiği gözlemlen-

miştir. Minitab programına gerekli veriler girilerek bu sonuçlar ortaya konmuştur.

Bu aşamada tashih oranları üzerinden süreç yeterliliği analizleri yapılmıştır ve sürecin istatistikî olarak kontrol altında olup olmadığını ortaya koyan bireysel hareketli aralık grafikleri (I-MR chart) kullanılmıştır. Şekil 11'de iyileştirmeler öncesi tashih oranlarına göre çizilen diyagramlar gösterilmektedir.

Şekil 11. İyileştirme Öncesi Dairesellik ve Salgı Problemi İçin Tashih Yüzdeleri Süreç Yeterliliği

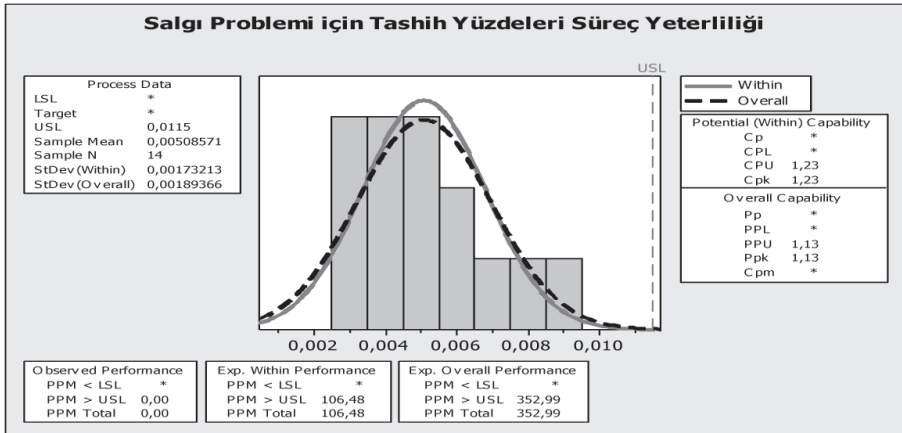
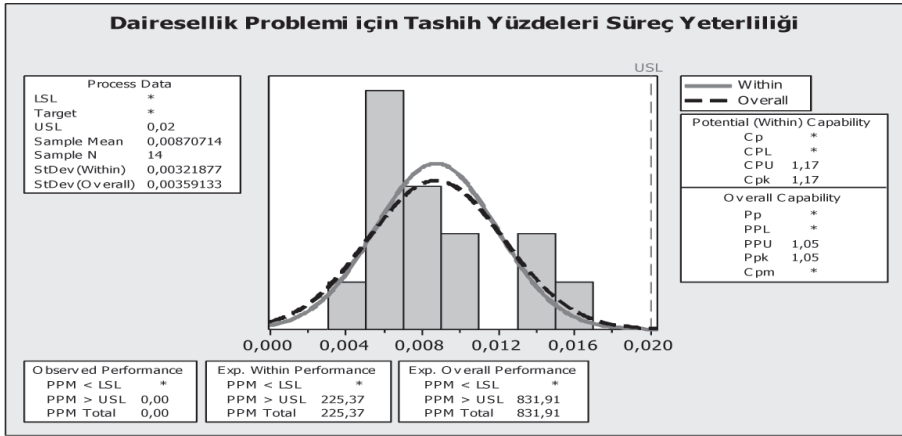


Dairesellik problemi için tashih yüzdeleri süreç yeterliliğinde görüldüğü üzere, 1,33' ten büyük olması gereken Cpk değeri düşük değerdir ve PPM (parts per million-milyonda hata oranı) total değerine bakıldığında bu değer 430.170,42 olduğu görülmektedir. Bu değer sigma seviyesi olarak karşılığı ise, 1,68' dir.

Salgı problemi için tashih yüzdeleri süreç yeterliliğinde yine, Cpk değerine

bakıldığında, istenilen değer altında olduğu görülmektedir. PPM değeri de 423.922,30' dur. Bunun sigma olarak karşılığı ise, 1,69' dur. Aynı grafikler, iyileştirmeler sonrasında gerekli ölçümler yapılarak yinelenmiştir. Böylece sigma seviyeleri arasındaki fark, açıkça ortaya konmaktadır.

Şekil 12. İyileştirme Sonrası Dairesellik ve Salgı Problemi İçin Tashih Yüzdeleri Süreç Yeterliliği

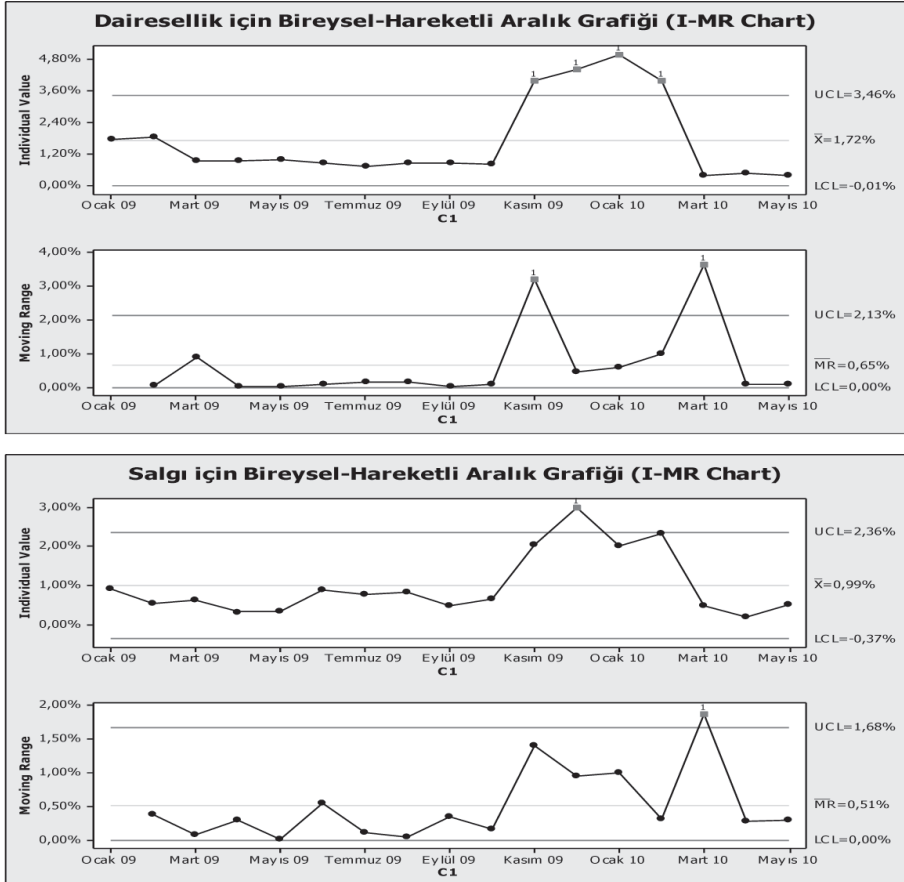


Şekil 12'deki dairesellik problemi için tashih yüzdeleri süreç yeterliliğinde, Cpk değerine bakıldığında 1,17 olduğu görülmektedir. Bu değer her ne kadar 1,33 değerinin altında olsa da, çok yakın bir değer olduğu için kabul edilebilir bir değer olarak yorumlanmıştır. Ayrıca PPM değeri 831,91 yani 4,64' tür. Bu da iyileştirme öncesi 1,68 olan sigma seviyesinden daha iyi bir sigma seviyesidir. Sigma seviyesi arttıkça, hata oranı azalmakta, kalite ise artış göstermektedir. Proje beyanında da hedeflenen sigma seviyesi 4 olarak belirtilmiştir. Bir başka deyişle, hedeflenen sigma seviyesi yapılan iyileştirmeler sonucu yakalanmıştır.

Salgı problemi için tashih yüzdeleri süreç yeterliliğinde, Cpk değerine bakıldığında 1,33 olmasa da yakın bir veri olduğu görülmektedir. Bu da yeterli bir değerdir. PPM değeri ise 352,99'dur. Bu değer sigma karşılığı ise, 4,89'dur. İyileştirme öncesi sigma seviyesi 1,69 ile karşılaştırıldığında iyileştirmenin başarılı olduğu açıkça görülmektedir. Proje beyanında da hedeflenen sigma seviyesi 4 olarak belirtilmiştir ve hedeflenen sigma seviyesi yapılan iyileştirmeler sonucu yakalanmıştır.

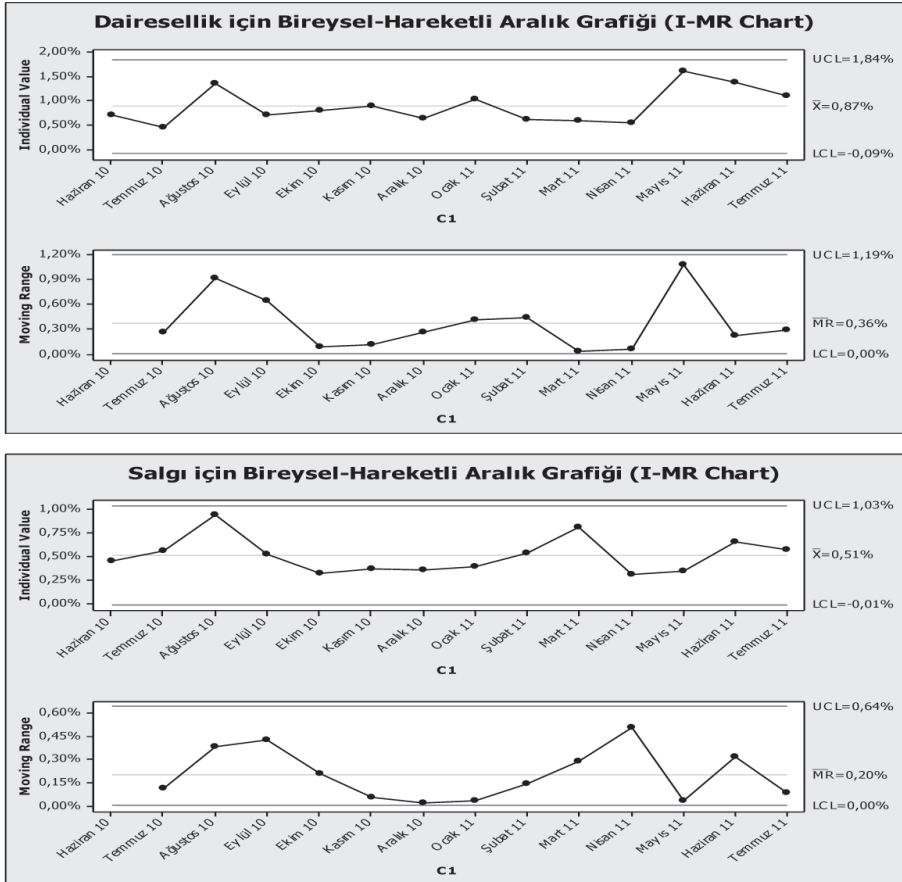
Şekil 13'te, tashih yapılmadan önceki aylarda ve altı sigma projesine başlanıldığı ilk aylardaki tashih oranlarına göre çizilen bireysel-hareketli aralık grafikleri (I-MR chart) mevcuttur. Bireysel-hareketli aralık grafikleri, bir sürecin görsel olarak kontrol altında olup olmadığını gösteren grafiklerdir. Görüleceği üzere, 2009 yılının Ekim, Kasım, Aralık ve 2010 yılının Ocak ve Şubat aylarında üst kontrol limitini aşmıştır ve süreç kontrol dışıdır. 2010 yılı Mart ayında ise, erken kazanımlar başlamıştır.

Şekil 13. İyileştirme Öncesi Dairesellik ve Salgı İçin Bireysel-Hareketli Aralık Grafiği



Proje bittikten sonra kontrol halen devam etmektedir. Şekil 14'te görüleceği üzere iyileştirme sonrası dairesellik ve salgı için süreçler kontrol altındadır.

Şekil 14. İyileştirme Sonrası Dairesellik ve Salgı İçin Bireysel-Hareketli Aralık Grafiği



5. SONUÇ

Altı sigma, verilerle kalite yönetimini sağlayan bir araçtır. Altı sigmanın gücü, ölçümün ve hedeflerin belirli olmasından gelmektedir. Altı sigmada bir projeye başlanırken belirli bir hedef ortaya konulur ve bu hedef de, sigma seviyesi olarak belirlenir. Ortada net bir amaç olunca, seçilmiş insanlarla, bir başka deyişle, altı sigma takımıyla hedefe ulaşmak çok daha rahat olmaktadır. Altı sigmanın uygulanması, uzun vadede firmalarda kaliteyi artırarak daha az maliyetle, daha çok gelir elde edilmesini sağlayarak verimliliğin artmasına yol açar.

Altı sigmanın iyi finansal getiri sağlaması, disiplinli bir yöntem olması, verileri çok iyi analiz etmesi gibi avantajları yanı sıra, bazı dezavantajları da

bulunmaktadır. İşletmelerin altı sigmaya tüm problemlerini çözecek, sihirli bir değnek olarak bakmamaları gerekmektedir. Altı sigmanın bir işletmeye entegre edilmesi pahalı bir süreçtir. Ciddi bir finansman gerektirir. Pek çok eğitim alınması gereklidir. İşletmede kültür değiştiğinden dolayı bir dirençle karşılaşılması imkânsızdır. Gerekli tedbirler alınarak bu direncin kırılması gerekmektedir.

Dünyada altı sigma daha yaygın olarak kullanılmasına karşın, Türkiye’de o kadar yaygın olmadığı anlaşılmıştır. Bu durum, altı sigmanın firmalara entegrasyonunun maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Türkiye’de altı sigmayı uygulayan firmalar belirli bir düzeye ulaşmış, kurumsallaşmış firmalardır. Küçük ölçekli firmalar, sonucunu kestiremedikleri bir yöntem için para harcamayı reddetmektedirler.

Bu çalışmanın amacı supap üreten bir firmada altı sigmanın Toplam Kalite Yönetimi (TKY) çerçevesinde uygulamasını gerçekleştirmektir. Fiat marka supapların tasarımlarının değişmesi sonucu, bu supaplar için üretim süreci yetersiz kalmıştır ve üretim sürecinde çok fazla ıskartaya ayrılma yaşanmıştır. Bunun getirdiği pek çok ekstra maliyetle karşılaşmıştır ve Fiat müşterisi kaybedilmek istenmediğinden, bu süreç üzerinde altı sigma uygulaması yapılmasına karar verilmiştir. Altı sigmanın adımları (TÖAİK) teker teker uygulanmıştır. Supaptaki hatalar iki ana problemden kaynaklanmaktadır. Bunlar dairesellik ve salgı problemleridir. Bu problemler için gerekli analizler yapılmıştır. Balıkkılçığı diyagramları çizilmiştir. Bu problemler için ana nedenler bulunmuştur. Bu nedenler ışığında gerekli testler yapılmıştır. Dairesellik problemi için iki faktör göz önünde bulundurularak bazı denemeler gerçekleştirilmiştir. Üretim esnasında tezgaha girilen parametrelerde değişiklikler yapılarak hangi değerlerin optimum sonuç verdiği analiz edilmiştir. Bu iki değer, paso miktarı ve işleme süresidir. İlk olarak tezgahın supabı işlerken bir seferde kaldırdığı talaş miktarı (paso miktarı) için denemeler yapılmıştır. Az paso ve normal paso denemeleri sonucu üretilen 60’ar adet supap için daireselliklerinin ölçümleri yapılmıştır. Bu veriler için T-testi yapılmıştır. T testi sonucu “p” değerine bakılarak iki verinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Optimum paso miktarını bulabilmek için süreç yeterliliği analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, az paso miktarı için Cpk indisi 1,90 bulunmuştur, yani, sürecin yeterli olduğu görülmüştür. Normal paso miktarı içinse, bu değer 1,29 olduğu ve yetersiz olduğu bulunmuştur. PPM (parts per million, milyondaki hata sayısı) değerlerine bakıldığında ise, az paso miktarında bu değer 0,01 gibi çok küçük bir sayı olduğu görülmüştür. Böylece, paso denemesi sonucu, az paso miktarı ile daha iyi sonuçlar elde edileceği görülmüştür. Bir sonraki denemede ise, paso miktarı sabit tutularak, süreç süresi değiştirilmiştir. 3 deneme yapılmıştır. İlk olarak işleme süresi 10 sn, ikinci deneme 12 sn ve son denemede 12 sn için yapılmıştır; fakat bu sefer tezgahın supabın kafa kısmını daha çok işlemesi sağlanmıştır. Yine 60’ar adetten toplamda 180 adet supap üretilmiştir ve bu supaplar için dairesellik

değerleri ölçülmüştür. Elde edilen verilerle T-testleri yapılarak verilerin farklı oldukları görülmüştür. Süreç yeterliliği analizi yapıldıktan sonra optimum sürenin 10 sn işleme süresi olduğu ortaya konmuştur; çünkü Cpk indisi 1,49 olarak bulunmuştur. İşleme süresi arttıkça dairesellik probleminin kötüleştiği ortaya konmuştur.

Salgı problemi için de regresyon analizi yapılarak, bir model kurulmuştur. Salgı probleminin kafaüstü vergi, sede vergi ve sap vergiden kaynaklanmadığı regresyon analizi sayesinde ortaya konmuştur. Ayrıca bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı probleminin olup olmadığı da araştırılmıştır. VIF değerlerine bakılarak çoklu bağlantının olmadığı ortaya konmuştur. Regresyon analizinde p değerlerinin hepsi 0,05'ten büyük bulunmuştur ve R² değeri de %5,6 gibi düşük bir değerdir. Problemin taşlama işlemi gerçekleştiren taştan ve supabı işlerken tutan pens mekanizmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Tedarikçiyle görüşülerek taş değiştirilmiştir ve pens ise supabı iki noktadan değil, tek noktadan tutunca vergi açısından süreç yeterli hale gelmiştir. Denemeler sonucu elde edilen yeni değerlerle üretim yapılması sağlanmıştır. Tek nokta dersleriyle görsel doküman da sağlanarak hatalar en aza indirgenerek üretim sağlanmıştır. Kontrol aşamasında ise, önceki ve sonraki ölçümler karşılaştırılmış; tashih oranları, iyileştirme öncesi ve sonrası için süreç yeterlilik analizleri yapılmıştır. Vergi değeri için 1,69 olan sigma değeri ise 4,89'a yükseltilmiştir. Dairesellik değeri için iyileştirme öncesi 1,68 olan sigma seviyesi, iyileştirme sonrası 4,64'e yükseltilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3. Sigma Seviyeleri Çizelgesi

	Altı Sigma Öncesi	Altı Sigma Sonrası
Salgı için Sigma Seviyesi	1,69	4,89
Dairesellik için Sigma Seviyesi	1,68	4,64

Projenin tanımlama aşamasında dairesellik ve vergi problemleri için ortaya konan 4 sigma hedefleri projenin sonunda yakalanarak, proje başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Projenin başarılı bir şekilde sonuçlandırılmasından sonra, kara kuşakla görüşme yapılarak altı sigma ve TKY hakkında firmanın görüşleri alınmıştır. Altı sigma takımında yer alan siyah kuşak, altı sigma projesi uygulanırken zorlandıkları noktanın, değişime direnç olduğundan bahsetmiştir. Proje bitirildikten ve yeni sisteme geçildikten sonra, personelin eski düzeni devam ettirmeye meyilli olduklarını belirtmiştir. Proje kapsamında hazırlanan görsel dokümanlarla desteklenmiş tek nokta dersleri, personelin yeni sisteme daha rahat uyum sağlaması amacını taşımaktadır.

Firmadaki siyah kuşak, altı sigmayı çok güçlü istatistiki yönü olan bir kalite

te aracı olarak tanımlamıştır. TKY'ye ise, daha geniş çerçeveli, amacı sürekli gelişme olan bir kalite yönetimi olarak bakmaktadır. TKY'de gönüllük esasına dayanan kalite çemberleri mevcutken, altı sigmada belirli görevleri olan takım üyeleri ve disiplinli bir yapı vardır. TKY'de altı sigmadaki kadar net bir hedef yoktur; altı sigmadaki amaç 6 sigma seviyesine ulaşabilmektir. Görüşmeler sonucunda elde edilen bulgular sayesinde firmanın TKY çerçevesinde altı sigmaya bakış açısı, net bir biçimde ortaya konmuştur.

Literatürde yer alan altı sigma ve TKY'yi içeren farklı formüller mevcuttur. Örneğin Kwak ve Anbari yaptıkları çalışmada şöyle bir formül ortaya koymuştur "Altı Sigma = TKY + Güçlendirilmiş Müşteri Odaklılık + Ek Veri Analiz Araçları + Finansal Sonuçlar + Proje Yönetimi" (Kwak ve Anbari, 2006:709). Kwak ve Anbari'nin formülünün tersine, Lucas da altı sigma ve TKY için şöyle bir formül ortaya koymuştur (Lucas, 2002:27): "Uygulanmakta Olan Sistem + Altı Sigma = TKY." Bu bakış açısına göre, TKY daha geniş bir çerçeve, altı sigma ise, onun bir alt katmanı olarak görülmektedir. Uygulama yapılan ABC firmasında çalışan siyah kuşakla yapılan görüşmeler sonucunda, TKY ve altı sigma ile ilgili şöyle bir formül ortaya konulmaktadır; "Altı Sigma + Diğer Kalite Araçları = TKY". Bu sonuç Lucas'ın 2002 yılında ortaya koyduğu formülle benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmanın, Türkiye'de altı sigma uygulaması yapmak isteyen veya yapmayı düşünen işletmeler için yol gösterici ve farkındalığı arttırıcı bir çalışma olması amaçlanmıştır. Çalışmanın zorlukları ve sınırlılıkları da bulunmaktadır. Uygulama kısmı tek bir işletmede yapılmıştır. Altı sigma önemli ve getirisi çok olan bir yaklaşım olmasına rağmen Türkiye'de çok fazla firma tarafından uygulanmamaktadır; çünkü uygulaması çok maliyetlidir. Uygulayan firmaların bazıları da kendi verilerini firma dışından kişilerle paylaşmak istememektedirler. Bu çalışma üniversite-sanayi işbirliğine önem veren bir işletmeden elde edilen veriler sayesinde gerçekleştirilmiştir. Fakat, firma maliyetle ilgili verileri paylaşmak istemediğinden çalışmada bu tür bilgilere yer verilmemiştir.

İlerideki çalışmalarda, altı sigma Türkiye'de farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmalarda uygulanabilir ve sonuçlar birbirleriyle kıyaslanabilir.

KAYNAKÇA

- BANUELAS, R. ve ANTONY, J., (2002), **Critical Success Factors For The Successful Implementation of Six Sigma Projects In Organisations**, The TQM Magazine, 14(2), 92-99.
- BAŞ, T., (2003), **Altı Sigma**, Erişim Tarihi: 2 Ağustos 2011, www.kaliteofisi.com
- BENDELL, T., (2005), **Structuring Business Process Improvement Methodologies**, Total Quality Management, 16(8-9), 969-978.
- CAULCUTT, R., (2001), **Why is Six Sigma so successful?**, Journal of

- Applied Statistics, 28(3,4), 301-306.
- CHOWDHURY, (2001), **Power of Six Sigma**, Chicago: Dearborn Trade.
 - GÜRSAKAL, N. ve OĞUZLAR, A., (2003), **Altı Sigma**, Bursa: Vipaş Yayınları.
 - HEKMATPANAHA, M., SADRODDIN, M., SHAHBAZ., MOKHTARI, F. VE FADAVINIA, F., (2008), **Six Sigma Process and Its Impact on The Organizational Productivity**, World Academy of Science, Engineering And Technology, 43, 365-369.
 - HOERL, R., (2001), **Six Sigma Black Belts: What Do They Need To Know?**, Journal of Quality Technology, 33(4), 391-406.
 - KAUSHIK, P. VE KHANDUJA, D., (2008), **DMAIC Methodology: The Enigma of Six Sigma**, SCMS Journal of Indian Management, 1, 9-18.
 - KOÇEL, T., (2003), **İşletme Yöneticiliği**, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
 - KWAK, Y.H. ve ANBARİ, F.T., (2006), **Benefits, Obstacles And Future Of Six Sigma**. Technovation, 26, 708-715.
 - LINDERMAN, K., SCHROEDER, R., ZAHEER ve CHOO, A., (2003), **Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective**. Journal of Operation Management, 21, 193-203.
 - LUCAS, J.M., (2002), **The Essential Six Sigma**, Quality Progress, 1, 27-31.
 - MONTGOMERY, D. ve RUNGER, G., (2011), **Applied Statistics And Probability For Engineers**, Fifth Edition, Arizona: John Wiley & Sons.
 - ÖZTURAÇ, K.N. ve BAYRAKTAR, D., (2007), **Altı Sigma Proje Uygulamalarının Denetimi için Bir Uzman Karar Destek Sistemi**, İTÜ Sosyal Bilimler, 4 (2), 23-32.
 - PANDE, P. ve HOLPP, L., (2001), **What Is Six Sigma?**. Blacklick, OH: McGrawHill.
 - PANDE, P., NEUMAN, R. ve CAVANAGH, R., (2004), **Six Sigma Yolu**, İstanbul: Klan Yayınları.
 - ROWLANDS, H., (2003), **Six Sigma: A New Philosophy or Repackaging of Old Ideas?**, Engineering Management, 4, 18-23.
 - SAVOLAINEN, T. ve HAIKONEN, A., (2007), **Dynamics of Organizational Learning and Continuous Improvement in Six Sigma Implementation**, The TQM Magazine, 19, 6-17.
 - SCHROEDER, R., LINDERMAN, K., LIEDTKE, C. ve CHOO, A., (2008), **Six Sigma: Definition And Underlying Theory**, Journal of Operation Management, 26, 536-554.
 - SNEE, R. ve HOERL, R., (2005), **Six Sigma Beyond The Factory Floor**, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
 - SPAC Danışmanlık, (t.y.), Erişim Tarihi: 17 Eylül 2011, <http://www.spac.com.tr/>
 - THAWANI, (2004), **Six Sigma-Strategy For Organizational Excellence**, Total Quality Management, 15(5-6), 655-664.

Ek 1: Proje Bildirisi

Proje Bildirisi			
Proje İsmi	Dairesellik ve Salgı Tashihlerinin Azaltılması	Tarih	05.03.2010
		Revizyon	0
İş Durumu		Fırsat Bildirisi	
<p>2009 yılı Ekim ayından itibaren, üretilen 4 adet Fiat supaplarının resimlerinde değişiklik yapılarak dairesellik değeri max 0,006 mm ve salgı değeri max 0,03 mm'ye çıkarılmıştır. Mevcut tezgah kapasiteleriyle son 4 ay içerisinde salgılı tashih (iyileştirme) oranı %4 ve dairesellik yüzünden tashih oranı %2,5 olmuştur. 2010'da mevcut durumun devam etmesi halinde, yaklaşık 92.000 adet salgı tashihi. 86.000 adet de dairesellik tashihi yapılmak durumunda kalınacaktır.</p>		<p>Salgı ve dairesellik tashihleri yapılan supaplarda; işçilik harcamalarının dışında, nitrasvon için tekrar tedarikçiye gitme, FKK hattına tekrar alınma, supapların silinmesi gibi büyük verimsizlik kalemleri de ortaya çıkmakta ve müşteriye zamanında sevkiyat yapamama, dolayısıyla satış kaybetme riski bulunmaktadır. Ayrıca müşteri iadesi riski de oluşturmaktadır. VOC yeni resim değerlerine uygun ürün talep etmekte, VOB de bu ürünün daha az maliyetle karşılanmasını talep etmektedir. Bu nedenle proje firma hedefleri ile örtüşmektedir.</p>	
Hedef Bildirimi		Proje Kapsamı	
<p>2010 yılında Mevcut durum devam ederse (son 4 ay gibi) Salgı Oranı yaklaşık %4. Dairesellik Oranı yaklaşık % 2,5. Salgı için 1,69 olan sigma seviyesini en az 4 sigma yapmak. Dairesellik için 1,68 olan sigma seviyesini en az 4 yapmak. Salgı Tashih Oranı en fazla % 2. Dairesellik Tashih Oranı en fazla %1,15.</p>		<p>Kapsam: Taşlama tezgahları ve bu tezgaha kalan paso miktarını etkileyen süreçler, salgıyı ve daireselliği etkileyen süreçler.</p>	
Proje Planı		Proje Ekibi	
Tanımlama	08.03.2010-08.04.2010	• Sponsor: K.A.	
Ölçme	08.04.2010-08.05.2010	• Süreç Sahibi: K. A.	
Analiz	08.05.2010-20.05.2010	• Usta Siyah Kuşak: B.C.O.	
İyileştirme	20.05.2010-30.05.2010	• Siyah Kuşak: S.Ö.	
Kontrol	30.05.2010-30.06.2010	• Yeşil Kuşaklar.C.B., S.Ç., A.B., Y.Ç., M.Ö.	