

ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ KALİTESİ İYİLEŞTİRME: BİR UYGULAMA¹

Improvement of Supplier Quality with Six Sigma Method: An Application

Gönderim Tarihi: 22.01.2016

Kabul Tarihi: 31.05.2016

Gültekin ÇAĞIL*

Semra BORAN**

Şefik SUCU***

Öz: İşletmelerin tedarik ettikleri parçaların kalitesinin ürünlerinin kalitesini etkileyeceği açıktır. İşletme ve tedarikçisi arasında uzun dönemli işbirliği ile tedarikçi kalitesinin iyileştirilmesi sağlanabilecektir. Bu durum hem tedarikçi hem de işletmenin kalitesi ile birlikte, teslim süreleri, çevrim süresi, verimlilik ve karlılıklarında da iyileşmeler sağlayacaktır. Ancak işletmeler büyüdükçe ve ürünler karmaşıklıklaştıkça girdilerin birbiri ile olan etkileşimi artmakta ve kalitesizlik çok daha karmaşık sorun haline gelmektedir. Dolayısı ile tedarikçi kalite problemlerinin iyileştirme çalışmalarında pek çok istatistiksel ve istatistiksel olmayan araç ve yöntemden yararlanılması söz konusu olmaktadır. Altı sigma yöntemi son yıllarda kalite iyileştirme çalışmalarında en çok tercih edilen yöntem olma özelliğindedir. Çünkü yöntem pek çok kalite aracından yararlanmayı istemekte ve iyileşmenin sigma gibi bir ölçükle ve finansal değerle ölçülmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada çok sayıda tedarikçiye sahip bir otomobil üreticisinin tedarik edilen bir üründen Altı Sigma yöntemi uygulanabilirliği gösterilmektedir. Çalışma araç FRP arka duvarı üzerindeki boya hatalarının iyileştirilmesi ile ilgili yapılmıştır. İyileşme önerileri hem işletme hem tedarikçi işletme için uygulanarak sigma düzeyinde -1.97 den 1.48'e artış ve araç başına 9.14 € luk kazanç elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi Kalitesi İyileştirme, Altı Sigma Yöntemi, TÖIAK.

Abstract: It is evident that the quality of parts obtained from suppliers affects the quality of the products. The improvement of supplier quality can be obtained by long-term collaboration of the company and the supplier. This collaboration not only improves

¹ Şefik Sucu, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ.

* Sakarya Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü, cağil@sakarya.edu.tr

** Sakarya Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Bölümü, boran@sakarya.edu.tr

*** Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, sefiksucu@yahoo.com

the quality of the supplier and the company but also improves delivery time, cycle time, productivity and profitability. As the companies grow and the products get complex, interaction between products increase and then the lack of quality becomes more complicated problem. Therefore, statistical and non-statistical tools and methods are used for the improvement practices of supplier quality. Recently, six sigma method is mostly preferred for quality improvement practices because this method is required to use too many quality tools and allows measurement of improvement by sigma and financial value.

In this study, it is shown that six sigma method can be applied to supplied component in car manufacturing.. The method is used for improvement of the dyeing failure on FRP back wall of the cars. Sigma level increased from -1.97 to 1.48 and it was saved 9.14 € per car after corrective actions are applied both to the manufacturer and the supplier.

Keywords: Improvement of Supplier Quality, Six Sigma Method, DMAIC.

GİRİŞ

Birçok ürün yüzlerce hatta binlerce parçadan oluşmakta ve her parça karmaşık süreçlerden geçmektedir. Bu nedenle bir işletmenin bütün parçaları üretmesi çoğu zaman olanaksızdır ve bunları işletme dışından tedarik eder. Günümüzde mamul ve hizmet üreten işletmelerin tedarik ettiği birimlerin maliyetinin, imalat maliyetinin %50-80'ine karşılık geldiği bilinmektedir. Tedarik edilen hammadde, yarı mamul veya malzemelerin kalitesiz olması durumu kullandığı mamul ve hizmet için kalite ve teslim zamanı ile ilgili soruna yol açar. Bu sorunlardan kaynaklanan maliyetlerin satın alma maliyetlerinin %10'una karşılık geldiği bilinmektedir (Gaikwad 2016). Satın alma maliyetini düşürerek karlılığı arttırmanın yolu tedarikçi kalitesini iyileştirmeye dayanmaktadır.

Otomobil imalat endüstrisi günümüzde büyük endüstrilerden biri olmaktadır. Bununla beraber son yıllarda rekabet baskısı otomobil üreticilerini maliyet azaltma, kalite iyileştirme ve hızlı cevap vermeye zorlamaktadır. Gelecek 5 yılda sadece 10 otomobil üreticisinin pazarda kalabileceği tahmin edilmektedir. Bu da otomobil üreticilerin tedarikçilerinin azalması anlamına gelmektedir (EUI 2007). Otomobil üreticileri de diğer işletmelerde olduğu gibi rekabet edebilmek için ürün ve proseslerini sürekli iyileştirmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Sürekli iyileştirme bir çok endüstride proses iyileştirme ile rekabet edebilirliği arttıran iyi bir yaklaşımdır (Lin vd. 2009). Binlerce parçadan oluşan ve karmaşık süreçlerden geçen otomobillerin müşteri beklentilerini karşılayabilecek kalite düzeyinde üretilmesi oldukça zor olmaktadır. Kaliteyi sağlamanın yolu sadece üretim esnasındaki değişkenliği azaltmak değil aynı zamanda kullanılan parçalardaki değişkenliklerin de azaltılmasından geçmektedir. Ettinger ve Van Kooy (2003); Lazarus ve Novicoft (2004) e göre altı sigma yöntemi proses

iyileştirme için en iyi yöntemdir.

Altı sigma operasyonel proseslerde değişkenlik kaynaklarını tanımlamak, nicelendirmek ve elimine ederek veya en düşük seviyeye indirerek iyileştirmek ve devamlılığını sağlamak için yapı sağlar. Bu yöntem ile işletmenin kaynaklarından daha iyi yararlanması, proses çıktısının kalitesinin tutarlı olması dolayısıyla ile kritik proses performanslarının iyileşmesi sağlanır.

Bu çalışmada bir otomobil üreticisinin tedarik ettiği araç Fiber Takviyeli Plastik (FBR) arka duvarındaki boya problemini altı sigma yöntemi ile çözüm geliştirilirken, tedarikçi işletmede de çözüm önerilerinin uygulanması ile çok daha etkin iyileşme sonuçlarının alınabileceği gösterilmektedir.

Çalışmanın 2.bölümünde literatürdeki altı sigma yöntemi uygulama çalışmalarına yer verilmektedir. 3. bölümde altı sigma yöntemi tanımlanmaktadır. 4.bölümde altı sigmanın tanımla, ölç, iyileştir, analiz et ve kontrol et (TÖIAK) adımları izlenerek bir uygulama anlatılmaktadır. 5. ve son bölümde elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır.

LİTERATÜR TARAMASI

Altı sigma yönteminin farklı üretim proseslerinde farklı amaçlarla uygulanabilirliği gösteren bir çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalardan birkaçı aşağıda yer almaktadır. Gijo vd. (2010) altı sigma yöntemini, bir otomotiv şirketinde taşlama prosesinde kusurların azaltılmasında uygulamışlardır. Christyanti ve Christyanti (2012) çatı malzemesinin üretim kalitesini iyileştirmede altı sigma yönteminden yararlanmışlardır. Gupta ve Bharti (2013) çalışmalarında iplik imalatında altı sigma uygulaması ile elde ettikleri kalitedeki iyileşmeyi açıklamaktadırlar. Ketan ve Nasir (2016) altı sigma yöntemini alüminyum sıcak haddeleme proses yeterliliğini iyileştirmeye uygulamışlardır. Mehdi ve Nabi (2007) altı sigmayı bir üretim sistemine uygulayarak başarılı bir altı sigma uygulamasının hangi prensiplere dayanması gerektiğini göstermişlerdir. French ve Duplancic (2006) ise çalışmalarında Honeywell'deki uygulamalara yer vermişlerdir.

Altı sigma yöntemi başlangıçta imalat proseslerinde uygulanıyor olmasına rağmen son zamanlarda hizmet işletmelerinde özellikle hastane (Guinane ve Davis (2004); Frings ve Grant (2005); Clark vd. (2006)) ve banka (Immaneni vd.(2007) proseslerinde uygulama örnekleri literatürde yer almaktadır.

Ayrıca imalat ve hizmet dışında yöntemin uygulama örneklerine de rastlanmaktadır. Örneğin Stewart ve Spencer (2006), Londra'daki tren yolu istasyonu yapısında uygulanan, altı sigma proses geliştirme projesini tanımlamışlardır.

Tedarik edilen birimlerin ve tedarikçi kalitesinin iyileştirmesi ile ilgili altı sigma çalışmalarının literatürde oldukça az olduğu görülmektedir. Avery (2001) çalışmasında altı sigmanın tedarikçi geliştirmede uygulanabilirliği ile ilgili altı adım tanımlamaktadır. Wang vd.(2004) çalışmalarında altı sigma yöntemini tedarikçi performansının değerlendirilmesinde uygulamaktadırlar. Li (2014) çalışmasında altı sigma yöntemini otel yiyecek tedarikçisinin iyileştirilmesi için uygulamaktadır. Gaikwad vd.(2016) altı sigma yöntemini tedarikçi kalite maliyetini azaltmada kullanılabileceğini göstermektedirler.

ALTI SİGMA

Altı Sigma, prosesleri ve ürünleri, sistematik ve bilimsel yaklaşımlar kullanarak müşteri gereksinimlerine göre iyileştirmek ve verimliliği artırarak sürekli kılmak için, verileri ve istatistiksel araçlar kullanan ve kritik başarı faktörlerine göre kaliteye ve verimliliğe projeler ile odaklanan bir yöntemdir (Pande vd. 2004). Yöntemin amacı varyasyonların azaltılmasıyla kalite gelişimi elde etmek (Ravichandran, 2006), süreç ortalamasını değiştirerek ve süreç değişkenliğini azaltarak müşteri beklentisini sağlamaktır (Snee ve Hoerl, 2007). Sorunların kaynağını oluşturan, değişkenliği ortadan kaldıran, hedefler ile yönetimi benimseyen, sistematik, tam katılımı gerektiren ve sürekli iyileştirme esasına dayanan bilimsel bir yaklaşım olan altı sigma yöntemi, uzun dönemli, kalıcı çözümler geliştirir ve sürekli iyileşme sağlar. Altı Sigma, organizasyonun tüm proseslerinin ölçümünü, analizini, iyileştirilmesini ve kontrolünü sağlayan bir yapıya sahiptir.

Altı sigma metodunda sigma (s) proses değişkenliğini tanımlamaktadır. Altı sigma milyonda 3,4 hata olması anlamına gelmektedir ve bu oran mükemmeliyetin bir standardıdır. Sigmanın önündeki rakam prosesin sigma seviyesi olarak adlandırılır ve prosesin ne kadar iyi çalıştığını gösterir. Hata sıklığına göre değişir. Sigma seviyesi arttıkça, proses değişkenliği ile milyonda hata sayısı azalmakta ve buna karşılık başarı oranı artmaktadır. 6s seviyesi, merkezlenmiş bir normal eğrinin ortalamasından sola ve sağa $m \pm 6s$ şeklinde olmak üzere toplam 12s genişliğini tanımlar. Ancak, uzun dönemde prosesin merkezlenmesi mümkün olmayıp, ortalama zaman içinde çeşitli nedenlerin etkisiyle sağa veya sola kayar. Sağa kayma ortalamasının büyüdüğünü sola kayma ise küçüldüğünü gösterir. Altı sigma yönteminde proses ortalamasının uzun dönemde 1,5s sola veya sağa kayacağı kabul edilir.

Altı sigma organizasyonlarında çalışanlara aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir. Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini üst kalite konseyi adına gözlemleyen kişi/kişilerdir. Uzman siyah ku-

şak, altı sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip uzmandır. Siyah kuşakların eğitiminde sorumludur. Siyah kuşak iyileştirme altı sigma takımını yönetir, takım lideridir. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Yeşil kuşak daha dar kapsamlı projeleri yürütür. Diğer uygun projelere takım üyesi olarak katılır.

Altı Sigma yöntemi uygulamasında baş harfleri ile TÖAIK olarak adlandırılan beş aşama izlenir. Birinci tanımla aşamasında iyileştirilecek proses, proje ve proje takımı ile ilgili tanımlar yapılır. İkinci ölçme aşamasında ele alınan sorunla ilgili veri toplanır. Sonraki analiz aşamasında sorunun nedenleri belirlenir, bunun için önceki aşamada elde edilen verilere analiz yöntemleri uygulaması ile elde edilen sonuçlardan yararlanılır. Dördüncü iyileştirme aşamasında sorunun ortadan kalkmasını sağlayacak iyileştirme önerileri geliştirilir ve uygulanır. Son kontrol aşamasında ise iyileşme sonuçları izlenir ve standartlaştırma işlemi yapılır.

ALTI SİGMA UYGULAMASI

Altı sigma yöntemi bir XYZ otomobil üreticisinin ABC işletmesinden tedarik edilen FRP arka duvarlarının (Şekil 1) üzerindeki delik sayılarının azaltılması için uygulanmaktadır. XYZ ve ABC işletmelerinde problemlerinin tanımlanması ve iyileştirme sonrasında sağlanan kazanımların sayısal olarak tanımlanmasını yapabilecek nitelikli çalışanlara sahip oldukları bilinmektedir. Çalışmada MATLAB yazılımından yararlanılmıştır.

Şekil 1: Araca Monte Edilen FRP Arka Duvar



Proje Seçimi

XYZ işletmesi gelen konu önerileri arasında öncelikli Altı sigma proje konusunun belirlenmesinde gerçek kazanç, potansiyel kazanç, çözüm süresi, müşteri memnuniyetine etkisi, stratejik etki, zorluk derecesi, veri erişimi olmak üzere

toplam yedi adet değerlendirme ölçütünden yararlanılmaktadır. Ölçütlerin önem ağırlıkları sırasıyla %30, %10,%20, %15,%5, %10 ve %10'dur. Değerlendirmede ağırlıklı toplama yöntemi kullanılarak her ölçütün önem ağırlık değerleri ile 1-5 sayı aralığında proje konularına atanan önem değeri çarpılıp toplanarak toplam puanları belirlenmektedir. ABC tedarikçisinden temin edilen Şekil 1'de yer alan FRP araç arka duvarındaki hata sorunu en yüksek puan ile altı sigma proje konusu olarak belirlenmiştir.

Tanımla aşaması

XYZ işletmesi, ABC tedarikçisinden temin ettiği araç FRP arka duvarında özellikle delik oluşma hatalarının giderilmesi için son kat boya sonrası tamir işlemi yapmaktadır. Bu durum hem boyahanedeki işçilik ve malzeme kayıplarına hem de montaj aşamasında malzeme gecikmelerinden dolayı hat durmasına neden olmaktadır. Yapılan incelemede üretilen araçların yaklaşık %65'inin arka duvarının tamamen, geri kalan %35'inin ise bölgesel tamir edildiği belirlenmiştir. Bölgesel ya da tamamen tamir gören FRP arka duvar oranı %100 dür. İyileştirme, ancak ayrıntılı analizler ile ortaya çıkarılacak kök nedenlerin ortadan kaldırılması ile mümkün olabilecektir. Kök nedenlerin belirlenmesinde ise istatistiksel araçların kullanılması gerekmektedir.

ABC işletmesinden tedarik edilen FRP arka duvarlarda delik oluşma, kabarma, dalgalanma, jelkot çatlağı ve çizgi/iz oluşumu gibi beş tür hata görülmektedir. Projenin hedefi, delik oluşma başta olmak üzere yüzey hatalarının azaltılmasıyla, tamir oranlarının dolayısı ile işçilik, malzeme kayıplarının azaltılmasıdır.

Son bir ayda üretilen 23 adet A türü ve 7 adet B türü olmak üzere toplam 30 araç için bölgesel ve tamamen tamir ile ilgili veriler aşağıdaki Tablo1'de yer almaktadır.

A ve B tipi aracın FRP arka duvarlarının tamamının ve bölgesel tamirinin maliyetleri sırasıyla 18 € ve 13 € olarak hesaplanmıştır. Buna göre projenin ölçüm değişken arka duvar tamir oranı olarak tanımlanmıştır.

Tablo 1: Araç Tipine Göre Tamir Dağılımı Tablosu

Araç Tipi	Tamamen Tamir	Bölgesel	Tamir	Toplam
A	14	9		23
B	6	1		7
Toplam	20	10		30

Projenin hedefi arka duvar yüzeyindeki hataları %70 azaltarak, tamirden kaynaklanan malzeme ve işçilik maliyetlerinin minimize ederek araç başına yaklaşık 9.5 € kazanç elde etmek olarak belirlenmiştir. Projenin 6 ayda tamamlan-

ması planlanmıştır. Proje ekibi planlama, kalite, satın alma, bölümlerinden bir üretim ve üretim bölümünden iki olmak üzere toplam altı kişiden oluşturulmuştur.

Ölçme Aşaması

Ölçme aşamasında 22 adet A tipi ve 19 adet B tipi olmak üzere toplam 41 araç için delik, kabarma, dalgalanma, jelkot çatlağı ve çizgi/iz oluşumu olarak tanımlanmış beş hata çeşidi için veri toplanmıştır. İncelenen 41 araçtan sadece ilk 5 tanesine ait veriler aşağıdaki Tablo 2’de yer almaktadır. Tablo 2’de 0”, hata yok anlamına gelirken, “1” belirtilen hata çeşidinden en az birine rastlandığı ve aracın hatalı olduğunu, tamir sütununda “K” arka duvarın tamamının (komple), “B” ise bölgesel olarak tamir edildiğini ve “OK” ise ilgili arka duvarda herhangi bir işlem yapılmadığını göstermektedir.

Tablo 2: Gözlenen 41 Adet Araçtan İlk 5 Tanesine Ait Hatalar ve Uygulanacak Tamir Çeşidi

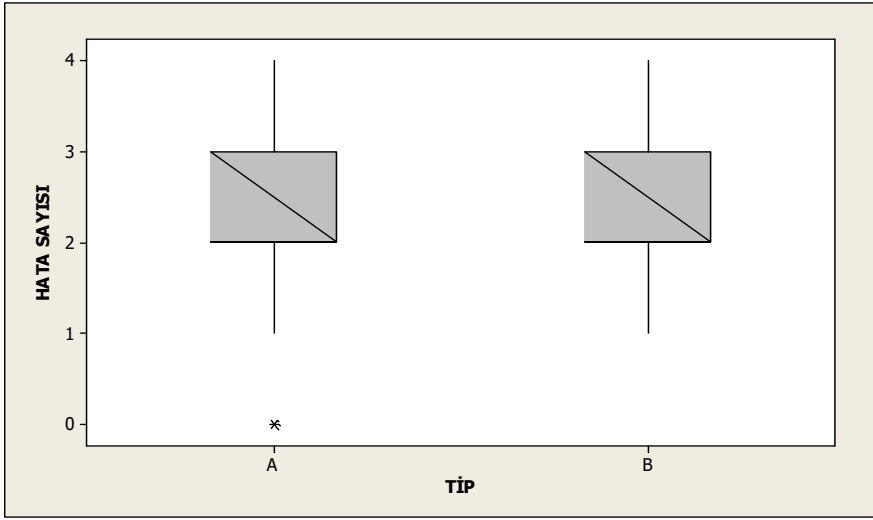
Delik	Kabarma	Jelkot	Dalgalanma	Çizgi/İz	Tamir	Hata Sayısı	Hatalı	Araç Tipi
1	0	0	0	1	B	2	1	A
1	1	0	0	0	K	2	1	A
1	1	0	1	1	K	4	1	A
0	0	0	0	0	OK	0	0	B
1	1	0	0	0	B	2	1	B

41 adet araca ait veriler incelendiğinde arka duvarların %58,5’ tamamen, %39’u bölgesel olarak tamir edildiği görülmektedir. Hiç bir düzeltme yapılmadan montaja verilen araç oranı ise sadece %2,4’tür.

Verilerden bir arka duvarın düzeltme görme olasılığının % 97,56, ortalama hata sayısı 2,48 olduğu hesaplanmıştır ve bir parça üzerinde görülebilen hata tipi sayısının 4’e kadar çıkabildiği görülmektedir. Bu değerlere göre sigma seviyesi -1.97 olarak bulunmuştur.

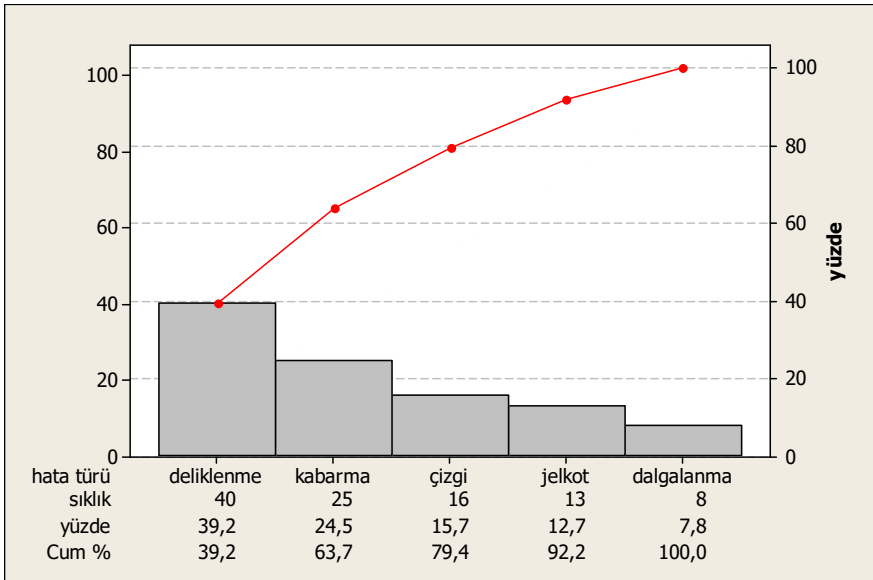
FRP arka duvar hata sayısı açısından A ve B tip araçlar arasında herhangi bir fark olup olmadığı kutu grafiği ile incelenmiş ve hata sayıları açısından bir fark olmadığı görülmüştür (Şekil 2.).

Şekil 2: A ve B tipi Araçların FRP arka Duvara Ait Hata Sayıları Karşılaştırması



İyileştirme çalışmalarına hangi hata çeşidinden başlanması gerektiğinin belirlemek için Pareto analizi yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir. Pareto diyagramı incelendiğinde delik oluşma, kabarma ve çizgi/ iz problemlerinin toplam hata miktarının %80'ini oluşturduğu ve en yüksek hata miktarını delik oluşma sorununun oluşturduğu bunu kabarma ve çizgi probleminin izlediği görülmektedir. Buna göre öncelikle delik oluşma sorunu ortadan kaldırılmalıdır.

Şekil 3: Hata Türleri İçin Pareto Diyagramı

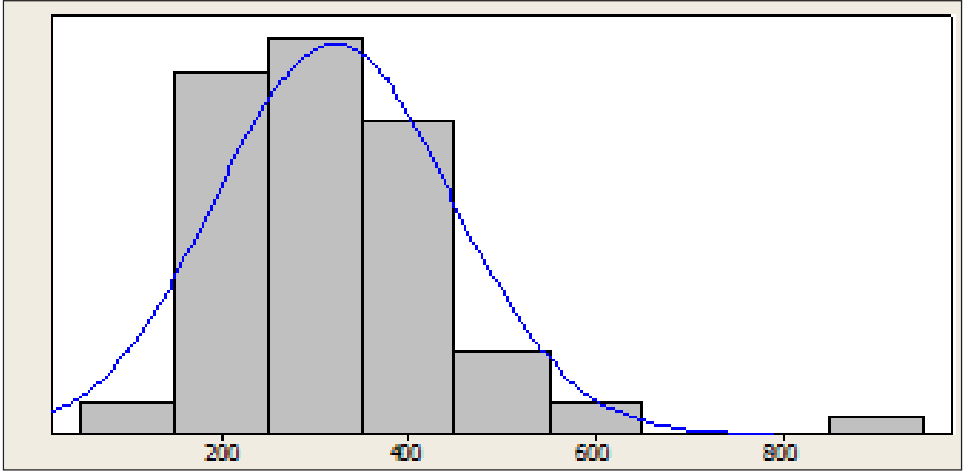


75 adet aracın arka duvarındaki delikler sayılmış ve bulunan sonuçlar aşağıdaki Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: 75 Aracın FRP Arka Duvarlar Üzerlerindeki Delik Sayıları

Arka Duvar No	Delik Sayısı	Arka Duvar No	Delik Sayısı	Arka Duvar No	Delik Sayısı
1	344	26	291	51	329
2	333	27	354	52	403
3	414	28	395	53	219
4	377	29	427	54	163
5	332	30	401	55	254
6	451	31	275	56	301
7	351	32	360	57	221
8	337	33	411	58	189
9	423	34	390	59	250
10	391	35	223	60	238
11	404	36	310	61	268
12	504	37	302	62	161
13	441	38	226	63	238
14	446	39	285	64	121
15	553	40	186	65	105
16	360	41	911	66	152
17	462	42	343	67	161
18	293	43	340	68	176
19	494	44	282	69	221
20	550	45	206	70	221
21	237	46	323	71	195
22	437	47	437	72	252
23	332	48	271	73	194
24	241	49	537	74	163
25	243	50	343	75	283

%95 güven aralığında delik hata türü için ortalaması (m) 320, standart sapması (s) 126 olan normal dağılıma uyduğu bulunmuştur (Şekil 4).

Şekil 4: Delik Sayılarının Dağılımı

Tablo 4: FRP Arka Duvar Yüzey Hataları İçin İlk Beş Proses Adımı İçin Örnek Sebep Sonuç Matrisi

Süreç Adımı	Süreç Girdisi	Müşteri Önceliği					Toplam
		D	K	JÇ	Ç/İ	D	
Kalıba hava tut	Hava	4	0	0	2	0	6
	Opr.	4	0	0	0	0	4
WAX uygula Kalıp ayırıcıyı sür	WAX	0	0	4	0	0	4
	Kalıp ayırıcı	0	0	4	0	0	4
	Metod	0	0	4	0	0	4
Kurumasını bekle Tablodan dondurucu oranını seç	Zaman	4	0	0	0	0	4
	Opr.	4	4	3	0	1	12
	Ortam sıc.	5	5	0	0	2	12
	Nem oranı	5	5	0	0	2	12
Jelkot ile dondurucu karışımını hazırla	Termometre	3	4	3	0	1	11
	Opr.	5	5	3	0	1	14
	Kobaltlı Jelkot	5	5	4	0	1	15
	Dondurucu MEK-P	5	5	4	0	1	15
	Çubuk temizliği	0	0	0	5	0	5
Karışımı yüzeye sür	Jelkot viskozitesi	5	5	4	0	1	15
	Karıştırma kabı temiz olmalı	4	3	3	0	1	11
	Opr.	4	2	0	0	4	10
	Sürülen karışım miktarı	4	2	3	0	2	11
	Sürülen jelkot miktarı	4	5	5	0	3	17
Jelkot kalınlık kontrolü yap Tablodan kobalt oranını seç Polyester - kobalt karışımını hazırla	Kontrolör	0	4	0	0	0	4
	Opr.	0	4	0	0	0	4
	Kobalt miktarı	4	3	2	0	2	11

Arka duvar üretim süreci akış şeması oluşturulmuştur. Akış şemasından yararlanarak girdi değişkenlerinin yüzey hatalarına olan etkilerini belirlemek amacıyla her bir süreç adımı ile girdileri listelenmiş ve bir sebep sonuç matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan sebep sonuç matrisinin ilk 5 proses adımı için örnek gösterimi Tablo 4' deki gibidir. Puanlama altı sigma takım üyeleri tarafından yapılmıştır.

Sebep sonuç matrisindeki değerlere göre operatör, ortam sıcaklığı, nem oranı, cam elyaf partisi, polyester partisi, jelkot partisi jelkot kalınlığı, mek prosit partisi, mek prosit oranı ve fırınlama süreci girdi değişkenlerinin başta delik oluşma olmak üzere yüzey hatalarına sebep olabileceği belirlenmiştir. Bu değişkenlerle ilgili olarak ölçüm yapılmasına karar verilmiştir.

Analiz Aşaması

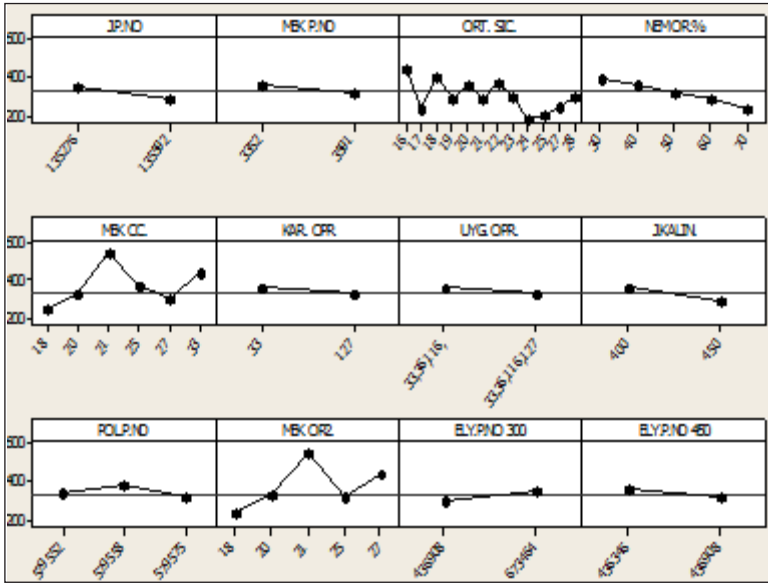
Süreç analizinde delik oluşumunun fırınlamadan sonra çıkan gazlardan oluştuğu görülmüştür. Veri toplama formu kullanılarak 41 adet aracın her birini FRP arka duvarındaki gaz boşlukları (GB) sayılarak, girdi değişkenleri ile beraber kayıt altına alınmıştır. Tablo 5'de ilk 5 adet araca ait örnek veriler yer almaktadır.

Tablo 5: Değerlendirilen İlk Beş Araç İçin Örnek Girdi Değişkenleri ve Gaz Boşluk Sayısı

İml P. No	J. P.No	Mek P. No	Ortam Sic.	Nem Oranı %	Mek CC.	Kar Opr	Uyg. Opr	J. Kalın.	Pol P. No	Mek Or 2	Kar. Opr 2	Elyp. No 300	Elyp. No 450	GB
030508/47	135276	3352	22	30	21	127	33,36,116,127	450	579552	21	127	673464	436346	550
030508/49	135276	3352	19	40	25	127	33,36,116,127	450	579552	25	127	673464	436346	237
040508/141	135276	3352	16	50	33	127	33,36,116,127	400	579552	27	127	673464	436346	437
040508/140	135276	3352	21	40	20	127	33,36,116,127	400	579552	20	127	673464	436346	332
050508/112	135276	3352	17	50	27	127	33,36,116,127	450	579552	25	127	673464	436346	241

Her bir girdi değişkeninin GB ortalamasına yaptığı etkiyi göstermek için değişkenlere göre GB ortalaması grafikleri oluşturulmuştur. Bulunan sonuçlar Şekil 5'deki gibidir. Şekildeki grafikler incelendiğinde Jelkot parti, Mek-P, karıştırma operatörü, uyulama operatörü, jelkot kalınlığı, polyester parti ve elyaf partilerindeki değişkenliğin GB sayılarında anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı görülmektedir.

Şekil 5: Girdi Değişkenleri ve Gaz Boşluğu Ortalama Sayısı Arasındaki İlişkiler



Mek cc., ortam sıcaklığı ve nem oranı %, Mek.Or2 girdilerinin ise GF sayılarında anlamlı bir değişikliğe sebep olup olmadığı grafiklerden net olarak söylenemeyeceği için bu değişkenler için ayrıca ANOVA analizleri yapılmıştır. Bu ilgili girdi değişkenlerine göre GB sayısının değiştiğini söyleyebilmek için yeterli delilin olmadığı sonucu çıkarılmıştır.

İyileştirme Aşaması

Sebeup sonuç matrisinde önemli girdi olarak ortaya çıkan operatör, polyester ve jelkot malzemeleri ile ilgili yapılan analizlerde bu girdilerin delik oluşma problemi ile ilişkisi olduğunun ispatı için yeterli delil bulunmamakla beraber bu girdilerde yapılacak iyileştirmenin etkisinin fazla olduğu düşünülmektedir. FRP malzemenin hammaddeleri olan Polyester ve Jelkot malzemesinin ortalamaya etkisinin görülebilmesi için hammadde tedarikçilerinin geliştirdiği ve ürettiği, ilave bazı katkı maddeleri içeren polyester ve jelkotun mevcut kullanılanlardan farklı olup olmadığının ve operatör etkisinin görülebileceği bir deney tasarlanmıştır. Tasarlanan deneye ait faktör ve seviyeleri aşağıdaki Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6: Deney Faktörleri ve Seviyeleri

Faktörler	1.Seviye	2.Seviye
Polyester markası	A	B
Jelkot	Eski	Yeni
Operatör	A fabrikası operatörü	B fabrikası operatörü

Faktör ve seviye sayıları az olduğu için tam faktöriyel deney tasarımı uygulanmıştır. 8 adet deneme 2 tekrarlı olarak yapılmıştır. 16 adet arka duvar üretilmiş ve GB sayısı ölçülmüştür. Deney düzeneği ve ölçülen deney sonuçları olan GB sayıları aşağıdaki Tablo 7 de yer almaktadır.

Tablo 7: Deney Düzeneği ve Ölçüm Sonuçları

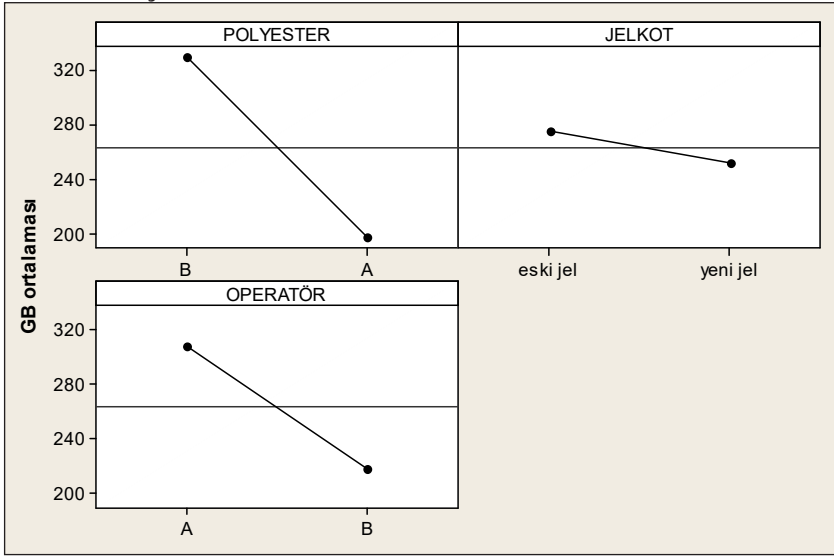
Deney No	Polyester Markası	Jelkot Markası	Operatör	GB	GB
1	A	yeni jel	A fab.oper.	286	138
2	B	eski jel	A fab.oper.	461	414
3	B	yeni jel	A fab.oper.	473	268
4	A	eski jel	A fab. oper.	270	161
5	B	eski jel	B fab. oper.	265	304
6	A	yeni jel	B fab. oper.	198	198
7	B	yeni jel	B fab. oper.	140	311
8	A	eski jel	B fab. oper.	156	171

GB'da etkili faktörleri belirlemek için ANOVA uygulanmış ve aşağıdaki sonuç elde edilmiştir (Tablo 8). Tablodan görüldüğü gibi polyester markası ve operatör GB da etkili olmaktadır. Jelkot markasının ise etkisi yoktur.

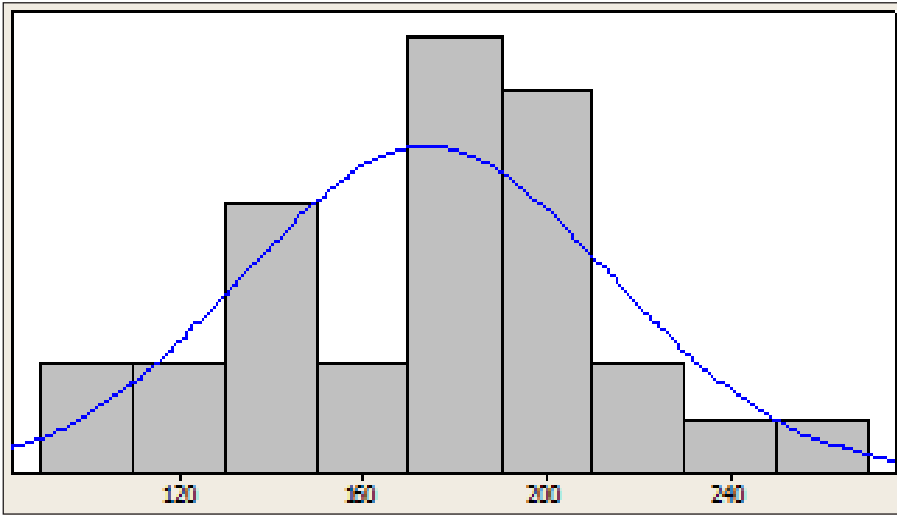
Tablo 8. ANOVA Sonucu

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
polyester	1	63001	63001	63001	10,28	0,008
jelkot	1	11990	11990	11990	1,96	0,187
operatör	1	31684	31684	31684	5,17	0,042
Error	12	73540	73540	6128		
Total	15	180216				

Faktörleri seviyelerini belirlemek amacıyla her bir faktör için seviyelerine göre ortalama gaz boşluğunun esas alındığı grafikler oluşturulmuştur (Şekil 6). Şekil 6'dan görüldüğü gibi GB sayısını en az yapacak girdi kombinasyonu polyester için A marka ve operatör için B fabrikasında çalışan operatör olacaktır. Jelkot un ise eski veya yeni olmasının GB üzerinde etkisi olmadığından maliyet göz önüne alınarak herhangi birisi seçilebilecektir. Çalışmada yeni jel seçilmiştir. Bu kombinasyonla yapılacak üretimde FRP arka duvar üzerindeki GB sayısının ortalamasının 140 seviyelerine düşebileceği görülmektedir. Edinilen bu sonuca göre polyesterde B marka kullanımına geçilmesine karar verilmiştir. Ayrıca B fabrikasında çalışan operatörlerin A fabrikasındaki operatörlere eğitim vermesi belli bir süre proseslerde beraber çalışmaları, fabrikalar arasında uzun süreli olmayan ancak deneyim paylaşımına fırsat verecek operatör değişimi planlamaları yapılmıştır.

Şekil 6: Ortalama GB'na Göre Faktör Etkileri

İyileştirme çalışmaları sonunda 30 adet araç arka duvarındaki GB sayma çalışması yapılmış ve aşağıdaki dağılım elde edilmiştir (Şekil 7).

Şekil 7: İyileştirme Sonucu 30 Araç Arka Duvarındaki GB Sayılarının Dağılımı

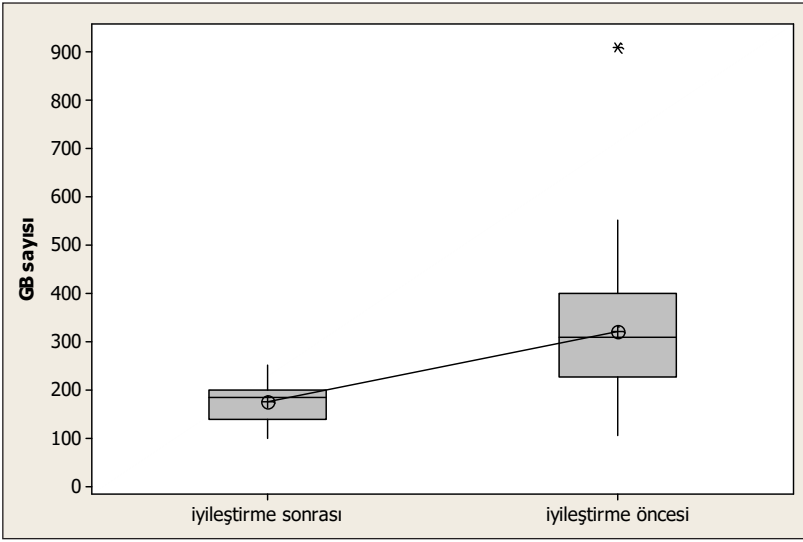
GB sayısı ortalaması 173.97'e standart sapması ise 40'a düşmüştür. İyileştirme öncesi 320 olan ortalama GB sayısı %46 oranında düşürülmüş ayrıca ortalama etrafındaki dağılım düzenli hale gelmiştir. İyileştirme öncesi ile sonrasındaki değerlerin istatistiksel olarak anlam taşıyıp taşımadığını test edebilmek için t testi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 9'daki gibi elde edilmiştir.

Tablo 9: İyileştirme Öncesi ve Sonrası GF Sayıları İçin t Testi Sonuçları

	N	Mean	StDev	SE Mean
iyileştirme sonrası	30	174,0	40,1	7,3
iyileştirme öncesi	75	321	126	15

Difference = mu (iyileştirme sonrası) - mu (iyileştirme öncesi)
 Estimate for difference: -146,8
 95% upper bound for difference: -119,7
 T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -8,99 P-Value = 0,000 DF =

t testi sonucuna göre alternatif hipotez olan iyileştirme sonrası GB sayısı iyileştirme öncesinden daha küçüktür kabul edilmektedir. İyileştirme öncesi ve sonrasındaki farklılığı görmek için kutu diyagramından da yararlanmak mümkündür (Şekil 8).

Şekil 8: İyileştirme Öncesi ve İyileştirme Sonrası İçin GB Sayılarına Ait Kutu Diyagramı

Ayrıca ABC tedarikçi işletmesinde son kontrol prosesinde de iyileştirme yapılmış ve delik oluşumu tespit edildiğinde bunların rapid macun ile kapatılması sağlanarak XYZ işletmesine hatalı FRP arka duvar gelişinin önüne geçilmiştir.

Değişkenliği azaltmak için FRP arka duvar hazırlama prosesi için talimat formu oluşturulmuştur. Tedarikçi işletmede yapılan bu iyileştirme çalışmalarından sonra XYZ işletmesine sevk edilen ürünlerdeki hata ve hatalı ürün sayısı ile bilgi toplanmıştır (Tablo 10).

Bu değerlere göre yeni sigma seviyesi 1,48 olarak hesaplanmıştır. İyileştirme öncesi -1,97 olan proses Z değerinin 1,48'e çıkması ile yaklaşık olarak 3,5 sig-

malık bir iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca görülmüştür ki delik oluşum hata çeşidi için yapılan iyileştirmeler diğer hata çeşitleri olan kabarma, dalgalanma, jelkot çatlağı ve çizgi/iz oluşumunun da önüne geçmiş ve bu hata çeşitlerinde de iyileşme elde edilmiştir

Tablo 10: İyileştirme Sonrası Hatalı/Hatasız Arka Duvarlar

Arka Duvar No	Hatalı	Hata Sayısı	Arka Duvar No	Hatalı	Hata Sayısı
1	0	0	16	0	0
2	1	1	17	0	0
3	0	0	18	0	0
4	0	0	19	0	0
5	0	0	20	0	0
6	0	0	21	0	0
7	0	0	22	0	0
8	0	0	23	0	0
9	1	2	24	0	0
10	0	0	25	0	0
11	0	0	26	0	0
12	0	0	27	0	0
13	0	0	28	0	0
14	0	0	29	0	0
15	0	0			

Ayrıca iyileştirme sonrası, bir arka duvar üzerinde görülen hata sayısı üzerinden poisson analizi yapıldığında ortalama hata sayısının 2.8'den 0,1'e düştüğü görülmüştür. Bu sonuca göre ABC işletmesinden XYZ işletmesine hatasız parça gelme olasılığı %90'a yükselmiştir.

Elde edilen sonuçlar proje ana ölçütü olan tamir oranına göre yorumlandığında, iyileştirme öncesinde %59 olan tamamen tamir oranının iyileştirme sonrasında %100 lük iyileşme %0'a, %39 olan bölgesel tamir oranının ise %82'lik iyileşme ile %7'ye düşmesi sağlamıştır.

Kontrol Aşaması

XYZ işletmesinde son kat boya sonrası, muayeneci tarafından kontrol edilen arka duvar ile ilgili tamir kararı, Tamir Oranı Takip Formuna işlenecek ve tamir oranlarındaki değişim izlenecektir. Süreçte oluşacak herhangi bir farklılık hemen analiz edilmek üzere sorumlu mühendise bildirilecektir. Böylece süreçte oluşabilecek bir değişimin hemen belirlenerek düzeltici önlemlerim alınması sağlanacaktır. GB sayıları kayıt edilmeye devam edilecektir. Operatör eğitimlerine devam edilecek, işe yeni girecek operatörlerin mutlaka eğitimden geçmesi sağlanarak operatörden kaynaklanacak hataların önüne geçilmesi sağlanacaktır.

ABC işletmesinde çalışanların FRP parça yüzey hazırlama ve astarlama talimatına uyması sağlanacak ve izlenecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Altı Sigma yöntemi ile kronikleşmiş ve çok zor gibi gözükken bir sorunun başarı ile çözümü sağlanmıştır. Bir işletmedeki ve tedarikçisindeki yöntemin uygulama aşamaları gösterilmiş, yöntemler ve araçlar yardımıyla verilerin nasıl toplanacağı nasıl analiz edileceği nasıl iyileşme önerilerinin uygulanacağı anlatılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Tablo 11).

Bu çalışmada sadece bir tedarik ürünü için yapılan çalışmanın diğer tedarikçilerle işbirliği yapılarak onların ürünlerine de uygulanması işletmenin daha fazla iyileşme elde etmesini sağlayacaktır. Ayrıca Altı Sigma yönteminin, diğer yaklaşımlarla birleştirilmesi çalışmaları da daha fazla yarar elde edilmesini sağlayacaktır.

Tablo 11: Altı Sigma Yöntemi Uygulaması İle Sağlanan İyileşmeler

Proses Parametresi	Projesi Öncesi Değer	Proje Sonrası Değer
Ortalama Bölgesel Tamir Maliyeti	5,07 € / araç	0,91 € / araç
Ortalama Komple Tamir Maliyeti	9,14 € / araç	-
Tamamen Tamir Oranı	%59	%0
Bölgesel Tamir Oranı	%39	%7
GB Ortalaması	320	174
GB Standart Sapması	126	40
Sigma seviyesi	-1,97	1,48
Parça Üzerinde Ortalama Hata Sayısı	2.48	0.01
Hatasız Parça Tedarik olasılığı	%8.3	%90

KAYNAKÇA

- Avery, S. 2001. Linking supply chains saves Raytheon \$400 million. *Purchasing*, 27(30): 32-34.
- Christyanti J., Christyanti J. 2012. Improving the Quality of Asbestos Roofing at PT BBI. Using Six Sigma Methodology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 65: 306-312.
- Clark, J., Craven, E.D., Cramer, M., Corwin, S. J., Cooper, M.R. 2006. Newyork Presbyterian Hospital Uses Six Sigma to Build A Culture of Quality and Innovation. *Journal of Organizational Excellence*, 25(4): 11-19.
- Ettinger W., Van Kooy M. 2003. The art and science of winning physician support for six sigma change. *Physician Executive*, 29(5): 34-38.
- EIU (The Economist Intelligence Unit). Motor Business International and Components Business International several issues. <http://www.eiu.com>.
- French, C. M., Duplancic, N. 2006. Ground Water Monitoring & Remediation. *Journal of the Association of Ground Water Scientist and Engineers*, 26(2): 58-61.
- Frings, G. W., Grant, L. 2005. Who Moved My Sigma –Effective Implementation of the Six Sigma Methodology to Hospitals. *Quality and Reliability Engineering International*, 21(3): 311- 328.
- Gaikwad L.M., Teli, S.N., Majali, V.S., Bhushi, U.M. 2016. An Application of Six Sigma to Reduce Supplier Quality Cost. *J. Inst. Eng. India* 97(1): 93-107.
- Gijo, E.V., Scaria, J., Antony, J. 2011. Application of Six Sigma methodology to reduce defects of a grinding process. *Quality and Reliability Engineering International*, 27(8): 1221-1234.
- Guinane, C. S., Davis, N. H. 2004. The science of six sigma in Hospitals. *The American Heart Hospital Journal*, 2(1):42- 48.
- Gupta, N., Bharti, P.K. 2013. Implementation of Six Sigma for minimizing the defects rate at a yarn manufacturing company. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(2):1000-1011.
- Habibi, A., Rezapour, A. 2015. The ability of implementation of Six Sigma in government hospitals of Babol. *DU Journal, Humanities and Social Sciences*, 8(6), 41-63.
- Hahn, C. K., Watts, C. A. & Kim, K. Y. 1990. The supplier development program:a conceptual model. *International Journal of Pur chasing & Materials Management*, 2-7.
- Hoerl, R. W. 2001. Six sigma black belts: what do they need to know? *Journal of Quality Technology*, 33: 391-406

- Hung, H.C., Sung, M.H. 2011. Applying Six Sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3): 580-591.
- Immaneni, A., McCombs, A., Cheatham, A. G. R. 2007. Capital one Banks on Six Sigma for Strategy Execution and Culture Transformation. *Global Business and Organizational Excellence*, 26(6): 43-54.
- Ketan H., Nassir M. 2016. Aluminium hot extrusion process capability improvement using Six Sigma. *Advances in Production Engineering & Management*, 11(1): 59-69.
- Khekale, S.N., Chatpalliwar, A.S., Thakur, N.V. 2010. Minimization of cord wastages in belt industry using DMAIC. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(8): 3687-3694.
- Lazarus IR, Novicoff WM. 2004. Six sigma enters the healthcare mainstream. *Managed Healthcare Executive*, 14(1): 26-27.
- Li, Y. 2014. Application and Research of Six Sigma Management Method in hotel Food Safety Control. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 69-75.
- Lin, L-C, Li, Tzu-Su, Kiang J.P. 2009. A Continual Improvement Framework with Integration of CMMI and Six-sigma Model for Auto Industry. *Quality and Reliability Engineering International*, 25: 551-569.
- Mandahawi, N., Fouad, R.H., Obeidat, S. 2012. An application of customized Lean Six Sigma to enhance productivity at a paper manufacturing company. *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, 6 (1):103-109.
- MATLAB 2000. User's Guide Version 2 The MathWorks, Inc.
- Mehdi, M.A., Nabi, A. 2007. Six Sigma Implementation In A Manufacturing Organization. *Technical Journal University of Engineering and Technology Taxila*, 58-63.
- Pande, P.S., Neuman, R.P., Cavanagh, R.R. 2004. Six Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri, Çev: Nafiz Güder, Dharma Yayınları, İstanbul.
- Ravichandran, J. 2006. Setting Up a Quality Specification. *Six Sigma Forum Magazine*, 5(2): 26-30.
- Snee, R.D., Hoerl, R.W. 2007. Integrating Lean and Six Sigma-a Holistic Approach. *Six Sigma Forum Magazine*, 6(3): 15-21.
- Stewart, R. A., Spencer, C. A. 2006. Six-Sigma As A Strategy For Process Improvement On Construction Projects: A Case Study. *Construction Management and Economics*, 24(4): 339-348.
- Wang, F-K., Du, T.C., Li, E.Y. 2004. Applying Six-Sigma to Supplier Development. *Total Quality Management*, 15(9-10): 1217-1229.

