

(ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE İMALAT SEKTÖRÜNDE ERGONOMİK RİSK İNDİRGEME UYGULAMASI)

Batuhan Alper DURMUŞOĞLU *, Gülşen AYDIN KESKİN

Kocaeli Üniversitesi, Müh. Fak., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
<i>Ergonomi</i> <i>Ergonomik risk analizi</i> <i>Sue Rodgers</i> <i>Altı Sigma</i> <i>İmalat Sektörü</i>	Günümüzde ergonomi bilimi, imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin, çalışma alanlarındaki riskli noktaları elimine edebileceği veya risk seviyesini indirgeyebileceği, işçi sağlığı ve iş güvenliği konularında iyileştirmeler yapabileceği, çalışanların çalışma kalitesini arttırabileceği, çalışan bağlılığı ve sadakatini geliştirebileceği ve dolayısıyla işletmenin kendisini rakiplerine göre ön plana çıkarabileceği bir bilim dalı haline gelmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmada, imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin çalışma alanındaki her bir prosesin ergonomik risk analizleri Sue Rodgers yöntemi ile yapılarak risk seviyeleri belirlenmiştir. Sue Rodgers yöntemine göre yüksek risk teşkil eden proseslerin, altı sigma problem çözme metodu ile orta ve düşük seviyelere belirli bir hedef çerçevesinde indirgenmesi çalışmanın özünü oluşturmaktadır. Yapılan çalışma neticesinde iyileştirme, hedeflenen yüksek riskli bölgelerin %75'inde sağlanmıştır.

ERGONOMIC RISK REDUCTION APPLICATION BY SIX SIGMA PROBLEM SOLVING METHOD

Keywords	Abstract
<i>Six Sigma</i> <i>Ergonomics</i> <i>Sue Rodgers</i> <i>Manufacturing</i> <i>Ergonomic Risk Evaluation</i>	Ergonomics play a crucial role in manufacturing industry, since loyalty and pleasure of workers can be increased by eliminating/minimizing ergonomic risks or making improvements The purpose of this study is to introduce Six Sigma approach which has been implemented to gain improvements in process by using Sue Rodgers Ergonomic Risk Evaluation method. Conclusion of the study is that 75% of high-risk processes has been reduced to medium-risk.

1. Giriş

Günümüzde işletmelerin yüksek rekabet şartlarına ayak uydurabilmelerinin sürekli büyüme ve gelişme projeleriyle mümkün olabileceği işletmelerin de farkında olduğu bir gerçektir. Bu sebeple işletmeler, ürün karışık bir yapıya sahip olsa bile yeni ürünleri daha az zamanda yaratabilme ihtiyacı duymaktadırlar. Rekabet üstünlüğü ise müşteri isteklerini karşılayabilme, verimli olabilme ve çalışan memnuniyeti ile sağlanabilmektedir.

Müşteri isteklerinin karşılanabilmesi için temelde temin süresi, maliyet ve kalite üçlüsünün, temin süresi kısa, maliyeti ucuz, kalitesi yüksek olacak şekilde optimizasyonu işletmeler tarafından sağlanmak zorundadır.

Bir işletmenin performansı büyük oranda süreçlerinin yeterliliğine bağlıdır. Operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için, süreçlerin ölçülmesi ve geliştirilmesi önemlidir. Altı Sigma'nın süreç odaklı yönetimi ile önemli süreç girdileri ve çıktıları arasındaki ilişki bilimsel araçlarla analiz edilerek, süreçlerin en iyilenmesi sağlanır. Bir sürecin Altı Sigma kalite düzeyinde olması, onun sınıfının en iyisi olduğu anlamını taşımaktadır. Son yıllarda moda olan hemen hemen tüm yaklaşımlar sürekli iyileştirmeyi içerir. Bunların eksik yönü ise sistematik olmamalarıdır (Yüksel, 2008).

Altı Sigma'yı diğer müşteri odaklı yaklaşımlardan ayıran nokta ise, kendisinden önceki pek çok yaklaşımın başarılı yönlerini bünyesinde toplaması ve sahip olduğu güçlü araçlarla bu yaklaşımların vaat

* İlgili yazar: batualphan@gmail.com, +90-507-453-92-85

ettiklerini gerçeğe dönüştürebilmesidir (Erhan, 2008).

Bu çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede yeni kurulan bir üretim hattının ergonomik risklerinin belirlenmesi ve minimize edilmesi planlanmıştır. Bu vesile ile kurulan yeni üretim hattında çalışılan proseslerin ergonomik risk seviyelerinin tespiti ve yüksek riskli proseslerin belirlenecek bir hedef çerçevesinde risklerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Proseslerin ergonomik risk seviyelerinin tespitinde zaman kısıtlı olduğu için ve üretim hattında sürekliliğin sağlanması bakımından analiz zamanı ve eğitim gereksinimi düşük olan Sue Rodgers metodu seçilmiştir. Sue Rodgers metodunun diğer metodlarla karşılaştırması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ergonomik Risk Değerlendirme Metodları Karşılaştırması (Baş, 2003)

Değerlendirme Aracı	Duruş	Yük/Güç	Hareket Frekansı	Süre	Titrejim	Analiz Zamanı	Eğitim Gereksinimi/Karşılanabilirlik	Değerlendirilen Vücut bölgeleri
Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi	x	x	x	x	x	Düşük	Orta	Boyun/omuz,El/bilek /kol/Sırt/göğde/kalça.
OWAS-1970 Ovako Çalışma Duruşlarının Analiz Sistemi	x	x	-	-	-	Yüksek	Orta	Boyun/omuz,Sırt/göv de/kalça,Bacak/diz/a
Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi	x	x	x	-	-	Düşük	Orta	Boyun/omuz,El/bilek /kol/Sırt/göğde/kalça.
Sue Rodgers Değerlendirme Yöntemi	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz,El/bilek /kol/Sırt/göğde/kalça.

Çalışmanın ikinci bölümünde altı sigma ile ilgili yapılan literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise altı sigma ile ilgili genel bilgilendirme sonrası seçilen metod ve Sue Rodgers ergonomik risk analizi hakkında bilgiler paylaşılmıştır. Dördüncü bölümde yapılan araştırma ve bulguları paylaşılmıştır. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar belirtilerek yorumlanmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Altı sigma alanında yapılan literatür taraması sonrası, 1980'lerden itibaren üretim alanında kullanılmaya başlanan altı sigma yaklaşımı son yıllarda, hastanelerden otomobil satışlarına kadar çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır.

Linderman vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, altı sigma yaklaşımının endüstride geniş olarak kabul gördüğüne dikkat çekilmiştir. Çalışmada genel olarak, altı sigma felsefesi ve altı sigma hedefleri ele alınmış olup çeşitli istatistiksel verilerle çalışma gerçekleştirilmiştir (Linderman vd., 2003).

Antony (2004) altı sigmanın, istatistiksel ve istatistiksel olmayan araçları titiz bir şekilde kullanan güçlü bir strateji olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında, altı sigmanın avantajlarını ve dezavantajlarını detaylı bir şekilde incelemiş, geleceği ve istatistiksel düşünme ile bağlantılarını açıklamıştır (Antony, 2004).

Kumar vd. (2008) çalışmalarında, altı sigma uygulamalarının çok sık yapıldığını, ama doğru metodlar kullanılmadığı takdirde bunun şirketlere eksi maliyet olarak dönebileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmada, şirketlerin doğru metodları belirleyebilmesi için iki farklı optimizasyon modeli sunulmaktadır. Sonraki kısımlarda önerilen bu modellerinin kalite yönetimi üzerindeki sonuçlarını incelemek için bir problem ele alınmış ve sonuçlar yorumlanmıştır (Kumar vd., 2008).

Calia vd. (2009), 1995 ve 2007 yılları arasında farklı ülkelerde farklı organizasyonlar tarafından yapılan 2096 adet çevre kirliliğini önleme projelerini maliyet bakımından incelemiş, altı sigma çalışması ile çevre kirliliğinin önlenmesinde % 62 oranında artış sağlanabileceği öngörülmüştür (Calia vd., 2009).

Yang ve Hsieh (2009), bir işletmede altı sigma yöntemi uygulamışlardır. Stratejik kriterin belirlenmesi için Delphi bulanık çok amaçlı karar verme yöntemi kullanılmıştır. Önerilen metodoloji, parça imalatı yapan bir fabrikada uygulanmıştır. Alınan sonuçlar, altı sigma projesi için anahtar performans kriterinin finansal kazanç olduğunu göstermiştir (Yang ve Hsieh, 2009).

Kelly vd. (2010), STEMI hastalığına sahip insanlarda hızlı reperfüzyonu sağlamak için altı sigma yöntemini kullanmışlardır. Hızlı reperfüzyon ölüm oranını düşürmektedir. Uygulamada STEMI hasta bakımında özel adımlara karar verilmiş, zaman hedefleri koyulmuş ve adımların sürelerini azaltmak için süreçler değiştirilmiştir. Uygulamadan sonra reperfüzyon süresi 128 dakikadan 90'a düşmüştür. 2010 yılının Haziran ayı boyunca tüm STEMI hastaları için bu süre korunarak %100 sürdürülebilirlik sağlanmıştır (Kelly vd., 2010).

Hsu vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Tayvan üretim endüstrisinde büyük bir paya sahip olan TFT-LCD sektöründeki altı sigma çalışması anlatılmaktadır. Firmalar arasındaki kritik x'ler ana kart ve ekran olarak belirlenmiş ve üretim süreçlerine altı sigma yöntemi uygulanarak kalitenin yüksek, israfın düşük olduğu bir üretim süreci yakalanması hedeflenmiştir (Hsu vd., 2011).

Rohini ve Mallikarjun (2011), sağlık kuruluşlarında yapılacak olan herhangi bir altı sigma uygulamasının hastane yöneticilerine sıfır hatayı elde etmeleri için stratejik bir boyut kazandıracağını belirtmişlerdir (Rohini ve Mallikarjun, 2011).

Firuzan vd. (2012), otomotiv sektöründe ikinci el satışlarını arttırmak amacıyla bir altı sigma çalışması yapmıştır. Proje başında ikinci el satış adedi 27 iken proje bitişinde bu sayı 37 olmuştur. Böylece yaklaşık %28'lik bir iyileşme sağlanmıştır (Firuzan vd., 2012).

Konu ile ilgili çalışmalar tarandığında Altı Sigma ve Sue Rodgers ergonomik risk azaltım metodunun birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Altı Sigma Yöntemi

Günümüzde birçok kişi tarafından Altı Sigma'nın babası olarak bilinen Bill Smith 1989 yılında Motorola'da görev yaparken Altı Sigma'yı şöyle tanımlamıştır: "Ortak mantığın organize olması." (Brefyogle, 2003)

Sigma, ürünlerin, hizmetlerin ve proseslerin yeterliliklerini ölçen ve karşılaştırma imkanı sağlayan bir ölçüm skalasıdır.

Altı Sigma öncelikle istatistiksel bir ölçümdür (Gülcan, 2004).

Ürünlerin, hizmetlerin ve proseslerin ne kadar iyi olduğu hakkında bilgi veren bir ölçüm tekniğidir. Diğer ürünler, hizmetler ve prosesleri karşılaştırmayı sağlar. Bu durumda bize diğerlerinden ne kadar ileride veya geride olduğumuzu gösterir.

Motorola'da Dr. Mikel Harry ve Bill Smith tarafından geliştirilen Altı Sigma sistemini ve metodolojisini uygulayan kuruluş sayısı her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bir süreçte %99,99966 başarı seviyesini ifade eden Altı Sigma performans düzeyi aynı zamanda bunu gerçekleştirmeye yönelik vizyonu ve sistemi ifade eder. Altı Sigma problemlerle yaşamayı değil problemleri çözerek kazanç sağlamayı bir alışkanlık haline getiren firma kültürünü yaratır. Altı Sigma'nın ana itici gücü istatistiksel araç ve yöntemlerin disiplinli ve kolay anlaşılır bir metod içinde, işlevsel şekilde uygulanmasıdır (Pande ve Neumann, 2004).

Altı Sigma'nın temel ilkelerinden birisi de hataların azaltılması ve süreçlerin iyileştirilmesinden elde edilen finansal kazançların görünür kılınması ve sürekli izlenmesidir (Brefyogle, 2003).

Özellikle iş sonuçlarına ve kârlılığa etkisi yüksek olan problemlerin olağanüstü bir süratle çözülmesini sağlayan bir ortam, altyapı ve etkin insan kaynağı sağlayan Altı Sigma yönetim sistemi pek çok firmada uygulanarak büyük kârlar elde edilmesini sağlamış ve kendisini kanıtlamıştır. Altı Sigma kuruluşları geleceğe taşıyan en etkili sistemdir.

Altı Sigma farklı kuruluşlara farklı anlamlar ifade ediyor olabilir. Bir kuruluş için operasyonel mükemmelliği hedefleyen topyekün bir yönetim felsefesi iken, başka bir kuruluş için ise verimliliği artırmayı hedefleyen iyi tasarlanmış, kapsamlı bir süreç iyileştirme metodolojisidir. En basit anlamıyla Altı Sigma, süreçleri mükemmel denecek seviyeye kadar iyileştirmeyi hedefleyen insanlar için son derece disiplinli, veriye dayalı bir karar verme yaklaşımıdır (Brefyogle, 2003).

Altı Sigmanın amacı, mevcut problemleri çözmek, deneyimlere dayanan karar vermeden verilere dayanan karar verme sürecine yönelmek, adım adım iyileştirmeden sıçramalı iyileştirmeye (Break-Trough Strategy) yönelmek, Altı Sigma kalitesinde yeni ürün

ve süreçler tasarlamaktır.

3.1.1 TÖAİK Metodu

Altı Sigma TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol) metodolojisi problem çözümü ve ürün/süreç iyileştirme için bir yol haritası olarak görülebilir.

Genellikle literatürde TÖAİK süreci lineer olarak gösterilmekteyse de uygulamada fazlar arasında geri dönüşler yaşanmaktadır. Örnek olarak ölçüm aşamasında toplanan veriler sonucunda proje ekipleri süreç tanımının yetersiz yapıldığı sonucuna varabilir ve tanımlama aşamasına dönerek tanımları revize edebilirler. Ya da, analiz aşamasında kök nedenleri belirleyen proje ekibi ilave ölçümler yapılması gerektiği sonucuna vararak ölçüm aşamasına dönebilirler.

Uygulamada karşılaşılan fazlar arası olası bu geri dönüşler de göz önünde bulundurularak TÖAİK döngüsü Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. TÖAİK Döngüsü

Tablo 2'de her bir fazın amacı ve bu fazlarda kullanılacak araçlar hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 2. TÖAİK Metodoloji Fazları ve Kullanılan Araçlar (Baş, 2003)

TÖAİK Metodolojisi Aşamaları	Araçlar
Tanımlama Aşaması: Proje hedeflerini ve müşteri göstergelerini	
<ul style="list-style-type: none">Müşterileri ve ihtiyaçlarını tanımlaProblem tanımını, hedefi ve getiriyi belirleProje şampiyonunu, süreç sahibini ve ekibi belirleKaynakları belirleGerekli organizasyonel destek ihtiyacını belirleProje planını ve zamanlamayı hazırlaSüreç haritasını oluştur	<ul style="list-style-type: none">Proje Onay FormuSüreç Akış DiyagramıMüşterinin Sesi
Ölçüm Aşaması: Mevcut performansı ve problemi nicel olarak ifade et,	

<ul style="list-style-type: none"> • Metrikleri belirle • Ölçme sistemini doğru • Veri toplama • $Y=f(x)$ problem fonksiyon denklemini oluştur • Proses yeteneğini ölç 	<ul style="list-style-type: none"> • Süreç Akış Diyagramı • Kıyaslama (Benchmarking) • Ölçüm sistemi analizi – yetenek çalışması • Prosesin Sigma Hesaplaması
Analiz Aşaması: Hataların kök nedenlerini tesbit ve analiz et.	
<ul style="list-style-type: none"> • Performans hedeflerini belirle • Katma değer katan/katmayan proses adımlarını belirle • Değişkenliğin nedenlerini belirle • Kök nedenleri belirle • $Y=f(x)$ için iyileştirilecek kritik x'leri belirle 	<ul style="list-style-type: none"> • Histogram • Pareto Diyagramı • Saçılım Diyagramı • Neden-Sonuç Diyagramı • İstatistiksel analiz • Hipotez testi
İyileştirme Aşaması: Hataları ortadan kaldırarak süreci iyileştir.	
<ul style="list-style-type: none"> • Deneysel tasarım uygula • Potansiyel çözümler geliştir • Potansiyel sistemin çalışma toleranslarını belirle • Potansiyel çözümler için hata modu analizi yap • Pilot çalışmalarla çözümleri doğru • Potansiyel çözümleri düzelt/değiştir 	<ul style="list-style-type: none"> • Beyin fırtınası • Hata önleme • Deneysel Tasarım • Pugh Matrisi • Hata modları etki analizi • Simülasyon programları
Kontrol Aşaması: Sürecin gelecekteki performansını kontrol altına al.	
<ul style="list-style-type: none"> • İzleme ve kontrol sistemini belirle ve doğru • Standartları ve prosedürleri geliştir • İstatistiksel Süreç kontrolü uygula • Proses yeteneğini belirle • Prosesi süreç sahibine teslim et • Kazanç, tasarruf, büyüme verilerini tesbit et • Projeyi kapat, dökümantasyonu tamamla • Sonucu işletmeyle paylaş, ekibi tebrik et 	<ul style="list-style-type: none"> • Süreç sigma hesaplaması • Kontrol diyagramları • Maliyet azaltma hesaplamaları • Kontrol planı

adımları belirlenir Sue Rodgers Proses Kartı'na yazılır (Şekil 2).

İş/Proses		Değerlendirici		Tarih	
No	İş Adımı	Zamansal Yüzde	Zor Olarak Değerlendirme	Öncelik	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Şekil 2. Sue Rodgers Proses Kartı

Buna eş zamanlı olarak her bir alt iş adımının toplam işteki yüzdesi hesaplanır. Bu aşamada çalışanın kendine göre "zor" olarak nitelendirdiği iş adımları ve toplam işteki zamanın yüzde onuna ve fazlasına tekabül eden iş adımları için Sue Rodgers Risk Değerlendirme Formu doldurulur (Şekil 3).

SUE RODGERS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME FORMU						KİŞİSEL BİLGİLER		İŞ BİLGİLERİ	
MARCANAN EFOR						İŞ ADIMI		RİSK DÜZEYİ	
İŞ ADIMI	İŞ ADIMI	İŞ ADIMI	İŞ ADIMI	İŞ ADIMI	İŞ ADIMI	YÜRÜTÜLEN İŞ ADIMI	YÜRÜTÜLEN İŞ ADIMI	YÜRÜTÜLEN İŞ ADIMI	YÜRÜTÜLEN İŞ ADIMI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Şekil 3. Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme Formu

Belirlenen iş adımlarındaki vücut bölgelerinin her biri için,

- Harcanan efor
- Efor devam süresi
- Efor frekansı

Göstergeleri standart hale getirilmiş bilgiler çerçevesinde gözlemlenerek risk tablosuna göre risk seviyelerini belirlenir (Şekil 4).

3.2. Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemi

Sistematik gözlemlere dayalı olan Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirme yöntemi Suzanne Rodgers tarafından 1978-1992 yılları arasında çeşitli sektörlerde çalışanın kasları üzerindeki biriken yorgunluğunu ölçmek geliştirilmiştir. Hızla yorulan kas sisteminin sakatlanmalara ve incinmelere daha yatkın olduğu hipotezinden yola çıkmıştır. Bu hipotez ile, eğer kas yorgunluğu minimize edilebilirse aktif kaslardan dolayı kaynaklanan sakatlıklar ve hastalıkların önüne geçilebilir. Bu bağlamda Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirme metodu, 1 saat veya daha fazla uygunsuz vücut duruşlarının ve hareketlerinin mevcut olduğu çalışma alanlarında kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçebilmek için kullanılacak en uygun ergonomik risk değerlendirme metodudur (Rodgers, 1992).

Yöntemin uygulanışı ise şu şekildedir: Değerlendirme yapılacak olan iş seçilir. İş parçalara bölünerek, çalışanın "zor" olarak nitelendirdiği alt iş

Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
111	123	223	323
112	132	313	331
113	213	321	332
211	222	322	
121	231		
212	232		
311	312		
122			
131			
221			

Şekil 4. Sue Rodgers Ergonomik Risk Seviyeleri (Rodgers, 1992)

Böylece ilgili prosesin Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirmesi'ne göre ergonomik risk seviyesi belirlenmiş olur.

4. Araştırma Bulguları

Bu çalışma otomotiv sektöründe önde gelen bir firmada gerçekleştirilmiştir. 2001 senesinden bu yana altı sigma'yı uygulamakta olan firma ülkemizin ilk 500 şirket sıralamasında en üst sıralarda yer alan ve hem iç hem de dış pazara araç imalatı yapan bir firmadır. 2014 sonu itibarıyla toplam 415 bin adet ticari araç üretim kapasitesiyle Avrupa'da ticari araç üretim merkezi konumunu korumaktadır.

Firma altı sigma'yı TÖAİK metodolojisini kullanarak uygulamaya başlamıştır. Halen tasarımda altı sigma uygulamasının yaygınlaştırılması için çalışmalar ve eğitimler sürdürülmektedir. Firmanın hedefi tüm beyaz yakalı personelinin yeşil kuşak eğitimlerini tamamlamasıdır. Bu amaçla planlanan eğitim programı devam etmektedir. Bu bağlamda yalnızca imalat bölümlerinde değil finans, muhasebe, lojistik, planlama ve ürün geliştirme gibi tüm departmanlarda görev yapan kara kuşak ve yeşil kuşaklar bulunmakta ve her departmanda altı sigma projeleri yürütülmektedir.

4.1. Tanımlama Aşaması

6-sigma projelerinde yapılan projelerin öncelikle müşteri memnuniyetine yönelik olması esastır. Bu nedenle proje konusu belirlenirken müşteri şikayet verileri incelenmiştir. Proje kapsamındaki müşteri, ergonomik risk azaltım projesi olduğundan aynı zamanda mevcut iş gücü kapasitesini oluşturan hat üzerinde değer katan çalışmaları gerçekleştiren mavi yaka çalışanlardır.

Çalışanların ergonomik açıdan şikayetleri periyodik

olarak gerçekleştirilen şikayetlerde dinlenmiştir. Çalışan bağlılığını arttırmak ve olası iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önüne geçebilmek amacıyla alan içerisinde artan ergonomik şikayetler, ergonomik risk azaltım ihtiyacını ortaya çıkarmış ve bu bağlamda risk azaltımını gerçekleştirecek bir proje yapma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Bu kapsamda yeni kurulan transit hattının Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme yöntemi ile her bir proses adımının ergonomik risk seviyeleri belirlenmiştir.

YENİ TRANSİT ERGONOMİ RİSK ANALİZİ DURUMU		
ANALİZ EDİLEN PROSES SAYISI:155 ANALİZ EDİLEN PROSES ADIM SAYISI: 691		
PROSES ADIMLARINA GÖRE TESPİT EDİLEN RİSK SEVİYESİ DURUMU		
DÜŞÜK RİSK	ORTA SEVİYE RİSK	YÜKSEK SEVİYE RİSK
250	254	187

Şekil 5. Mevcut Durumda Proses Adımlarının Risk Seviyelerine Göre Dağılımı

Proje kapsamı olarak mevcutta yeni kurulmuş olan ve ergonomi değerlendirmesi yapılması gereken yeni transit hattı seçilmiştir. Proje hedefi, mevcut durum göz önüne konulduktan sonra %50 olarak belirlenmiştir.

Buna göre proje kapsamı olarak yeni transit hattında ergonomik risk seviyesi yüksek risk olarak belirlenen 187 adet proses adımının risk seviyelerinin %50 oranında azaltımı seçilerek proje onay formu oluşturulmuştur.

Proje onay formunda belirlenen ana başlıklar şöyledir:

Problem Tanımı: Yeni kurulan transit hattında yüksek risk içeren 187 adet proses adımı mevcuttur. Bu rakam toplam proses adımlarının %27'sini oluşturmaktadır.

Kritik kalite karakteristiği: Çalışan ergonomi şikayetleri/talepleri

Proje hedefi: Projenin ilk hedefi kök nedenlerin tanımlanmasıdır. Projenin sonunda yüksek ergonomik risk içeren proses adımlarının %50 iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Proje Kapsamı: Yeni transit hattı prosesleri

4.2. Ölçüm Aşaması

Tanımlama aşamasının ardından ölçüm aşamasında Sue Rodgers'a göre yüksek riskli proses adımlarının her biri haftalık gerçekleştirilen ergonomi komite toplantılarında yetkili doktor, ergonomi komite başkanı, endüstri mühendisi, proses mühendisi ile

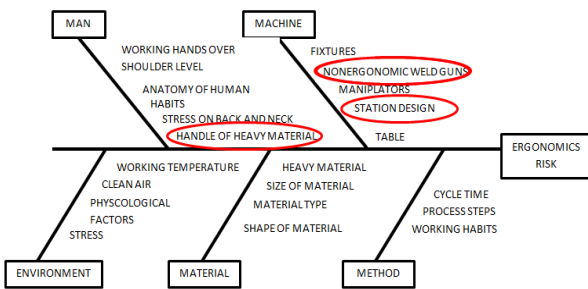
incelenmiştir. Buna göre temel sebepler aşağıdaki gibidir:

- İnsan anatomisi,
- Ağır malzeme elleçleme,
- Fikstür,
- Ergonomik olmayan punta tabancaları,
- Uygun olmayan manipülatör,
- İstasyon dizaynı,
- Çalışma alanı sıcaklığı,
- Temiz hava,
- Psikolojik faktörler,
- Stres,
- Ağır malzeme,
- Malzeme boyutu,
- Malzeme cinsi,
- Malzeme şekli,
- İş alışkanlıkları.

4.3. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında $Y=f(x)$ mantığında belirlenen kritik x'ler aşağıdaki gibidir:

- Ağır malzeme elleçleme: Özellikle yan panel istasyonlarında ağır malzemelerin bir noktadan diğer noktaya taşınması esnasında.
 - Ergonomik olmayan punta tabancaları: Büyük ebatlardaki punta tabancalarının kontrolü ergonomik değil.
 - İstasyon dizaynı: İş istasyonlarında çalışma şekli ve duruşu ergonomik değil.
- Bu üç kritik x incelendiğinde Sue Rodgers'a göre 187 adet yüksek riskli olarak belirlenen proses adımlarının yaklaşık %75'ini kapsamaktadır. Ölçüm aşamasında sebepler belirlendikten sonra oluşturulan balık kılıçığı diyagramında, çalışılacak olan kritik x'ler aşağıdaki gibi işaretlenmiştir.



Şekil 6. Balık Kılıçığı Diyagramı

4.4. İyileştirme Aşaması

İyileştirme aşamasında belirlenen kritik x'lere göre çıktı olan $Y=f(x)$ 'teki yüksek risk seviyelerinin belirlenen hedefe göre indirgenmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar ile ilgili bazı örnekler aşağıdaki gibidir:

- Ağır malzeme elleçleme
o Ağırlıklı olarak yan panel istasyonlarında olmak

üzere biten parçanın manuel olarak taşınması ile ilgili Sue Rodgers'a göre bel,sırt ve kol bölgelerinde yüksek riskler mevcut idi. Bu istasyonlardaki taşıma işlemleri caraskal, pick-up, manipülatör gibi ergonomik taşıma ekipmanları ile gerçekleştirilecek şekilde revize edilerek bu taşıma işlemlerindeki yüksek ergonomik riskler minimize edilmiş oldu.

- Ergonomik olmayan punta tabancası
o Hat genelinde büyük olduğu tespit edilen punta tabancaları küçük olanlarıyla prosesi etkilemeyecek şekilde değiştirildi. Büyük punta tabancaları Sue Rodgers'a göre yerine göre sırt, bel, kol ve boyun riskleri teşkil etmektedir.

- İstasyon dizaynı
o İş istasyonlarındaki çeşitli fikstürlerin konumlanması, tabanaca konumlanması, kenetlerin pozisyonları, sehpa yerleri vs gibi tesis ve ekipman konumlanmaları ile ilgili tasarımsal değişiklikler gerçekleştirildi.

4.5. Kontrol Aşaması

Kontrol aşamasında amaç iyileştirme aşamasında belirlenen adımların kontrol altında tutulması ve iyileştirmenin devamlılığının sağlanmasıdır. Bu nedenle aşağıda belirtilen uygulamalar yapılmıştır.

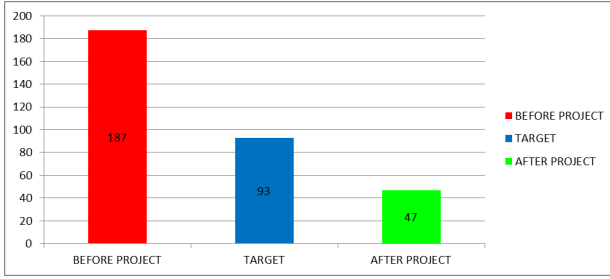
Yeni transit hattında yapılan iyileştirme çalışması sonrası geriye kalan 47 adet yüksek riskli noktanın, bütçe çerçevesinde indirgenmesi devamlılığın sağlanması amacıyla komite toplantıları devam etmektedir.

3 aylık periyotlarda revize edilecek veya yenilenecek proseslerin ergonomik risk değerlendirmelerinin yapılarak mevcut durum güncelliğinin korunması amaçlanarak her üç ayda bir Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirmesi grup liderleri tarafından tekrarlanacaktır. Sue Rodgers eğitimi grup liderleri arasında yaşanacak olan rotasyon/atama süreçlerinden etkilenmemek adına her ay eğitim durumu kontrol edilerek eğitim ihtiyacı belirlenecek ve eğitim verilecektir.

Çalışmanın kontrolü, ergonomi risk seviyelerinin sürekli indirgenerek revirden elde edilecek aylık, üç aylık, yıllık mesleki rahatsızlık şikayetlerini takip etmekle sağlanacaktır.

Proje başında hedeflenen %50'lik iyileştirme, hedefin önünde yaklaşık %75 seviyesinde gerçekleştirilerek proje hedefi tutturulmuştur.

Proje sonrası 3 aylık revir raporlarında ergonomik sebepli şikayet/taleplerin oranı proje sonrasında %50 seviyesinde azalmıştır.



Şekil 7. Proje Öncesi Durum, Hedef Ve Gerçekleşen Durum

5. Sonuç ve Tartışma

Altı Sigma yaklaşımı, ürün ve süreç kalitesinde altı sigma seviyesine ulaşarak müşteri memnuniyetini sağlamayı hedefleyen bir yaklaşımdır.

Bir işletmede Altı Sigma felsefesinin benimsenebilmesi için yönetimin desteğinin olması ve yönetimin değişime hazır olması gerekmektedir. Ayrıca en alt düzeyde çalışanlardan en üst düzeyde çalışanlara kadar herkesin müşteri ihtiyaç ve isteklerini tüm çalışmalarının merkezine yerleştirmeyi bilmeleri ve kendi düzeylerine uygun özellikte istatistik bilgisine sahip olmaları gereklidir.

Ergonomi, imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin, çalışma alanlarındaki riskli noktaları elimine edebileceği veya risk seviyesini indirgeyebileceği, işçi sağlığı ve iş güvenliği konularında iyileştirmeler yapabileceği, çalışanların çalışma kalitesini arttırabileceği, çalışan bağlılığı ve sadakatini geliştirebileceği ve dolayısıyla işletmenin kendisini rakiplerine göre ön plana çıkarabileceği bir bilim dalı haline gelmektedir.

İşletme başarısı için önemli olan, iyileşmeyi/gelişmeyi sürekli hale getirebilmektir. Dolayısıyla, bu amaca hizmet edecek yeni araçlara işletmelerin her zaman açık olmaları, doğru planlama ve stratejiler ile onlara rekabet ortamında avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada otomotiv imalatı yapan bir firmanın mevcut bir sürecinde yaşanan ve ergonomik risklere neden olan bir problem dizini Altı Sigma TÖAİK metodolojisi kullanılarak iyileştirilmiştir.

Proje başında hedeflenen %50'lik iyileştirme, hedefin önünde yaklaşık %75 seviyesinde gerçekleştirilerek proje hedefi tutturulmuştur.

Proje sonrası 3 aylık revir raporlarında ergonomik sebepli şikayet/taleplerin oranı proje sonrasında %50 seviyesinde azalmıştır.

Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan Altı Sigma Problem Çözme Metodunu Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme metodu ile birlikte kullanımı üzerine genel bir bilgi verilerek altı sigma problem çözme tekniği ile ergonomik risk azaltımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın kontrolü, ergonomi risk seviyelerinin sürekli indirgenerek revirden elde edilecek aylık, üç aylık, yıllık mesleki rahatsızlık şikayetlerini takip etmekle sağlanacaktır.

6. Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the author.

7. Kaynaklar

- Erhan, M., "Altı Sigma ve Hizmet Sektöründe Uygulamaları", 2008.
- Yüksel, G., "Altı Sigma Yaklaşımının Hizmet Sektöründe Kullanılması", 2008.
- David, C., "Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors", Occupational Medicine, 2005.
- Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Choo, A.S., "Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective", Journal of Operations Management, 21, 193-203, 2003.
- Antony, J., "Some Pros and Cons of Six Sigma: An Academic Perspective", The TQM Magazine, 16(4), 303-306, 2004.
- Kumar, U.D., Nowicki, D., Ramírez-Márquez, J.E., Verma, D., "On The Optimal Selection of Process Alternatives in A Six Sigma Implementation", International Journal Production Economics, 111, 456-467, 2008.
- Calia, R.C., Guerrini, F.M., Castro, M., "The Impact of Six Sigma in The Performance of A Pollution Prevention Program", Journal of Cleaner Production, 17, 1303-1310, 2009.
- Yang, T., Hsieh, C.H., "Six-Sigma Project Selection Using National Quality Award Criteria and Delphi Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Method", Expert Systems with Applications, 36, 7594-7603, 2009.
- Kelly, E.W., Kelly, J.D., Hiestand, B., Wells-Kiser, K., Starling, S., Hoekstra, J.W., "Six Sigma Process Utilization in Reducing Door-to-Balloon Time at a Single Academic Tertiary Care Center", Progress in Cardiovascular Diseases, 53, 219-226, 2010.
- Hsu, Y.C., Pearn, W.L., "Capability Adjustment For Gamma Processes With Mean Shift Consideration in Implementing Six Sigma Program", European Journal of Operational Research, 191, 517-529, 2008.
- Rohini, R., Mallikarjun, J., "Six Sigma: Improving the Quality of Operation Theatre", Procedia - Social and Behavioral Sciences, 25, 273 - 280, 2011.

Firuzan, A.R., Kuvvetli, Ü., Gerger, A., "Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", Journal of Yasar University, 25(7), 4176-4188, 2012.

Brefyogle, F.W., "Implementing Six Sigma", Texas,USA, 2003.

Demirkol, G., "Altı Sigma ve Lean", İstanbul, 2004.

Pande, Neumann, "Six Sigma Yolu", Klan Yayınları, İstanbul, 2004.

Baş, T., "Altı Sigma", Kaliteofisi Yayınları, İstanbul, 2003.

Rodgers, S., "A functional job evaluation technique", Occupational Medicine: State of the Art Reviews, 1992