

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE İMALAT SEKTÖRÜNDE
ERGONOMİK RİSK İNDİRGEME UYGULAMASI**

BATUHAN ALPER DURMUŞOĞLU

KOCAELİ 2016

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

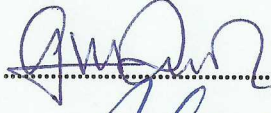
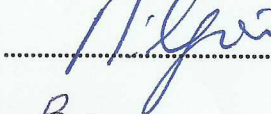
ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE İMALAT SEKTÖRÜNDE
ERGONOMİK RİSK İNDİRGEME UYGULAMASI

BATUHAN ALPER DURMUŞOĞLU

Yrd.Doç.Dr. Gülşen AYDIN KESKİN
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Nilgün FIĞLALI
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç.Dr. Semra BORAN
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 13.01.2016

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe birçok organizasyon kalitenin önemini kavramıştır. Bu nedenle süreçlerini iyileştirmek için farklı stratejileri ve yenilikleri uygulamaya çalışmaktadırlar. Altı sigma, mevcut süreçleri odak noktasına koyarak, maliyetleri ve israfı azaltmayı, verimliliği arttırmayı ve kaliteli mal üretilip bunu sürdürmeyi amaçlayan bir yönetim felsefesidir. Bunun için kullanılan teknikler, süreç iyileştirmesi sağlamanın yanında, katma değersiz zamanların yok edilmesini de amaçlamaktadır.

İşletmelerin yüksek rekabet koşullarına ayak uydurabilmelerinin, sürekli büyüme ve gelişme ve israf azaltma 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.

Müşteri memnuniyetini daha az zamanda sağlayabilmek için, işletmeler çıktıkları olan ürün veya hizmetlerini hammadde veya veriyi işleyerek ürün veya bilgi olarak sunan, çalışanlarının çalışma koşullarını iyileştirmelidirler.

Bu kapsamda, fiziksel olarak çalışma koşullarının iyileştirilmesi, çalışma yerinin ergonomik risklerinin indirgenmesi ile mümkündür.

Tezde, bu düşüncelerden yola çıkılarak, ergonomi bilimi ile altı sigma problem çözme metodu anlatılmış ve birlikte kullanımları ile ilgili bir uygulama yapılmıştır.

Tez çalışmama değerli katkılarından dolayı danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Gülşen AYDIN KESKİN'e, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme çok teşekkür ederim.

Ocak - 2016

Batuhan Alper DURMUŞOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. ALTI SİGMA.....	3
1.1. Altı Sigmanın Tanımı	3
1.2. Altı Sigmanın Ortaya Çıkmasına Neden Olan Gelişmeler	4
1.3. Altı Sigmanın Tarihsel Gelişimi	8
1.4. Altı Sigmanın Kullanım Alanları	10
1.5. Literatür Taraması	12
1.6. Altı Sigma İlkeleri	14
1.6.1. Müşteri odaklılık	14
1.6.2. Liderlik	14
1.6.3. Metodoloji.....	14
1.6.4. Süreç odaklılık	15
1.6.5. İşbirliği.....	15
1.7. Altı Sigma Organizasyonunda Roller	15
1.7.1. Kalite konseyi	15
1.7.2. Yönetim temsilcisi.....	16
1.7.3. Kalite şampiyonu.....	16
1.7.4. Uzman kara kuşak	17
1.7.5. Kara kuşak	17
1.7.6. Yeşil kuşak.....	17
2. ALTI SİGMA METODOLOJİLERİ.....	19
2.1. TÖADD Metodolojisi.....	19
2.1.1. Altı sigma için dizayn.....	19
2.2. TÖAİK Metodolojisi	20
2.2.1. Tanımlama aşaması	23
2.2.2. Ölçüm aşaması	24
2.2.3. Analiz aşaması	24
2.2.4. İyileştirme aşaması.....	25
2.2.5. Kontrol aşaması.....	25
3. ERGONOMİ	27
3.1. Ergonominin Tanımı	27
3.2. Ergonominin Tarihsel Gelişimi.....	29
3.2.1. Dünyadaki gelişimi.....	29
3.2.2. Türkiye'deki gelişimi	30
3.3. Ergonominin AB ve Türkiye Mevzuatındaki Yeri.....	31
3.4. Ergonomik Olmayı Belirleyen Faktörler	34

3.5. Ergonominin Amacı	34
3.6. Ergonominin Çeşitleri.....	36
3.6.1. Fiziksel ergonomi.....	36
3.6.2. Bilişsel ergonomi.....	36
3.6.3. Organizasyonel ve yönetimsel ergonomi.....	36
3.7. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri	37
3.7.1. Özel değerlendirmeler	37
3.7.2. Gözlemlere dayalı yöntemler	38
3.7.3. Direkt ölçüm teknikleri.....	39
4. SUE RODGERS ERGONOMİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	41
4.1. Yöntemin Uygulanışı.....	41
5. UYGULAMA	47
5.1. Seçim Aşaması	48
5.2. Tanımlama Aşaması	49
5.3. Ölçüm Aşaması	51
5.4. Analiz Aşaması	52
5.5. İyileştirme Aşaması	54
5.6. Kontrol Aşaması.....	60
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	63
KAYNAKLAR.....	65
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Günümüzdeki altı sigma yöntem bilimine neden olan gelişmeler	5
Şekil 1.2. Problemlerin zorluklarına göre dağılımları	12
Şekil 2.1. TÖAİK döngüsü.....	21
Şekil 4.1. Sue Rodgers risk değerlendirme formu	42
Şekil 4.2. Değerlendirme kriterleri baremi.....	43
Şekil 4.3. Harcanan efor.....	45
Şekil 5.1. Doldurulmuş Sue Rodgers risk analiz değerlendirme formu	49
Şekil 5.2. Mevcut durum ergonomik layout.....	51
Şekil 5.3. Mevcut proses yetkinliği	51
Şekil 5.4. Balık kılçığı diyagramı	53
Şekil 5.5. Risk etmenine göre yüksek riskli noktaların dağılımı.....	53
Şekil 5.6. İş akış şeması	54
Şekil 5.7. Örnek 1 öncesi ve sonrası.....	55
Şekil 5.8. Örnek 2 öncesi ve sonrası	56
Şekil 5.9. Örnek 3 öncesi ve sonrası	56
Şekil 5.10. Örnek 4 öncesi ve sonrası	57
Şekil 5.11. Örnek 5 öncesi ve sonrası	58
Şekil 5.12. Örnek 6 öncesi ve sonrası	59
Şekil 5.13. Örnek 7 öncesi ve sonrası	59
Şekil 5.14. Örnek 8 öncesi ve sonrası	60
Şekil 5.15. Proje sonrası ergonomik layout.....	61
Şekil 5.16. Proje öncesi durum, hedef ve gerçekleşen durum.....	62
Şekil 5.17. Proje sonrası proses yetkinliği	62

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. TÖAİK metodoloji fazları ve her fazda kullanılan araçlar.....	22
Tablo 3.1. Gözlemsel değerlendirme araçları	39
Tablo 4.1. Sue Rodgers proses kartı	42
Tablo 4.2. Veri giriş bölümü	43
Tablo 4.3. Risk skalası	44
Tablo 5.1. Proses adımlarının risk seviyelerine göre dağılımı	48
Tablo 5.2. “BK31V25090 nolu parçayı fikstüre yükle” risk değerlendirmesi	49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
ILO	: International Labor Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
MPM	: Milli Prodüktivite Merkezi
NIOSH	: National Institute for Occupational Safety and Health (Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü)
OWAS	: Ovako Working Posture Assessment System (Ovako Çalışma Duruşlarının Analiz Sistemi)
PUKÖ	: Planla Uygula Kontrol Et Önlem Al
RULA	: Rapid Upper Limb Assessment (Hızlı Üst Uzun Değerlendirmesi)
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TÖADD	: Tanımlama Ölçme Analiz Etme Dizayn Doğrulama
TÖAİK	: Tanımlama Ölçme Analiz Etme İyileştirme Kontrol
UİSGK	: Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyi

ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE İMALAT SEKTÖRÜNDE ERGONOMİK RİSK İNDİRGEME UYGULAMASI

ÖZET

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.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Ergonomi, İmalat Sektörü, Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemi.

ERGONOMIC RISK REDUCTION IMPLEMENTATION BY SIX SIGMA METHOD IN MANUFACTURING INDUSTRY

ABSTRACT

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.

Key Words: Six Sigma, Ergonomics, Manufacturing, Sue Rodgers Ergonomic Risk Evaluation Method.

GİRİŞ

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 [1].

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 ettiklerini gerçeğe dönüştürebilmesidir [2].

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.

Çalışmanın birinci bölümünde altı sigma yönteminin tanıtımı yapılmış ve hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde altı sigma metodolojilerinin neler olduğu belirtilmiş ve çalışmada kullanılan metodoloji hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise ergonomi biliminin tanımı yapıp tarihsel gelişimi hakkında bilgilere yer verilmiş, daha sonra ergonomi çeşitleri anlatılmış ve ergonomik risk değerlendirme yöntemleri sınıflandırılarak anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirme yöntemi uygulalışı ile birlikte anlatılmıştır. Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümde ise uygulama yer almaktadır.

1. ALTI SİGMA

1.1. Altı Sigmanın Tanımı

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.”

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

Altı Sigma öncelikle istatistiksel bir ölçümdür. 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.

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

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 tasarımlanmış, 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.

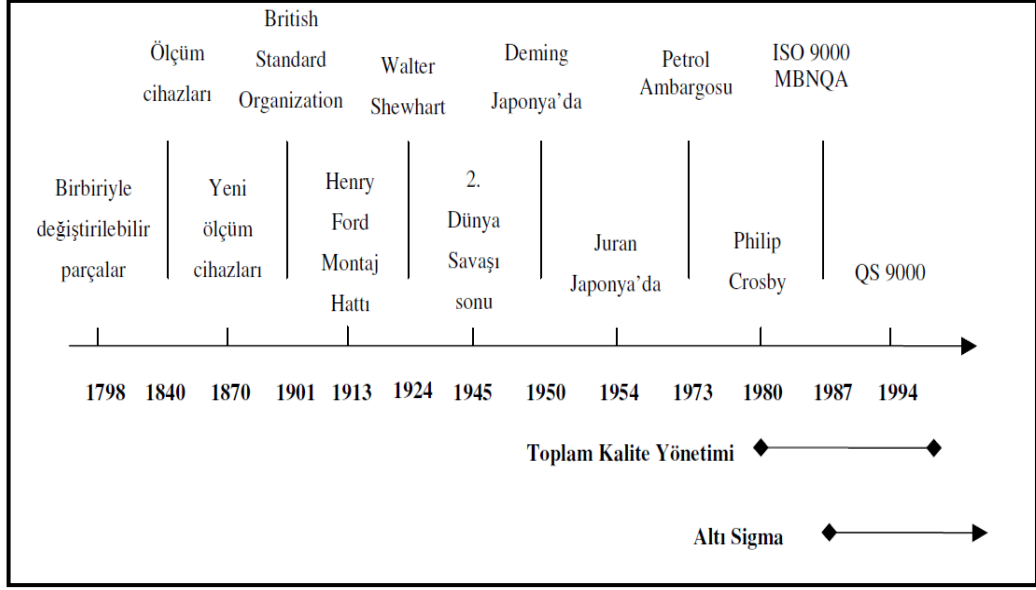
Altı Sigmanın amacı, mevcut problemleri çözmek, deneyimlere dayanan karar vermeden verilere dayanan karar verme sürecine yönelmek, adım adım iyileştirmeden sıçramalı iyileştirmeye yönelmek, Altı Sigma kalitesinde yeni ürün ve süreçler tasarlamaktır.

Altı Sigmanın amacı, sıfır hataya ulaşmada yeni bir adım oluşturmak, ürün ve servislerde %99,5'ten %99,9 mükemmelliğe ulaşmaktır. Sadece %99'luk bir kalite, yıllık ya da milyon ürün bazında kalitesiz ürün ve servislerin mevcudiyeti demektir. Bu durum, bir müşteri bazında düşünüldüğünde %100'lük bir hata anlamına gelmektedir.

1.2. Altı Sigmanın Ortaya Çıkmasına Neden Olan Gelişmeler

Altı Sigma yöntem bilimi, devrimsel bir düşünme seklidir ve radikal değişiklikler içeren kalite araçları sunmaz. Daha çok sürekli iyileştirme biliminde geçmişte yapılan kalite girişimlerinin en iyi öğelerini içeren ve evrimleşebilen bir gelişimdir. Altı Sigma'da kullanılan kalite fonksiyon yayılımı gibi bazı araçlar görece olarak yeni olsa da, balık kılıcı diyagramı gibi çoğu aracın en az 50 yıllık geçmişi vardır.

Altı Sigma ile ilgili felsefelerin ise farklı şekillerde bundan daha uzun geçmişleri vardır. Müşteriye odaklanma, veri güdümlü karar verme, ticari sonuçlara odaklanma ve süreç anlayışı, yeni ticari başarı anlayışları değildir. Yeni olan ve Altı Sigma'yı bu kadar güçlü kılan şey ise bu öğelerin sağlam ve disiplinli bir yaklaşım ve topluma iyi şekilde ifade edilen ve başarısı ispatlanmış ticari başarılar ile birleştirilmeleridir.



Şekil 1.1. Günümüzdeki altı sigma yöntem bilimine neden olan gelişmeler [3]

Şekil 1.1 'de belirtilen tüm gelişmelerin Altı Sigma'ya katkıları aşağıda özetlenmiştir:

1798, seri imalat ve birbiriyle değiştirilebilir parçalar: Eli Whitney, tüfeklerin montajında parçaların rastgele seçilebilmesini sağlayacak kadar birbirine benzeyen, uyan ve işlev gören, birbiriyle değiştirilebilir parçalar üretmenin mümkün olduğunu kanıtlamıştır. Boyutsal tutarlılığı ölçme ve onaylama ile ilgili objektif yöntemler,yeni parçaların minimum boyutlarını ölçüm cihazlarının ortaya çıkışı ve kullanımıyla 1800'lerin ortalarında evrimleştilediler (tutarlılık ihtiyacı, hataların tespit edilmesi konularında katkı sağlamıştır).

1900 – 1920, Frederick Winslow Taylor'ın geliştirdiği bilimsel yönetim ve istatistik teorileri:

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında Frederick W.Taylor'un "Bilimsel Yönetimin Kuralları" kitabında bir işin yapılabilmesi için;

- Planlar ve bilimsel metotlar geliştirme ihtiyacı,
- Verimlilik için hedeflerin belirlenmesi,
- Hedeflere ulaşılması durumunda ödöl sistemi uygulanması,
- Hedeflere ulaşabilmek için çalışanlara eğitim verilmesi gerekliliği,

evrensel anlamda ilk planlı ve sistematik kalite yaklaşımının yönetsel fırsatları ortaya koyan teorilerdir.

1913, Henry Ford: Henry Ford, üretimin ekonomi boyutuna getirdiği temel prensipleri ve standartlaştırma uygulamaları ile montaj hatlarındaki seri üretim modellerinin ilk uygulamalarını gerçekleştirmiştir.

Bunlar;

- Değiştirilebilir yedek parça,
- Sürekli akış halinde çalışan bir montaj hattı,
- Her bir işçi için ayrı ayrı operasyon planları,
- Hurda azaltma hedefleridir.

Taylor'un bilimsel yaklaşımlarından etkilenen Ford, 1913 yılında 84 ayrı montaj istasyonundan oluşan Model T adlı aracını üreterek dünyadaki birçok endüstri alanının gelişimine öncülük etmiştir. Yine Taylor'un Ford için yaptığı, her bir montaj noktasındaki operasyon zamanlarının belirlenmesi ve bu doğrultuda her bir operatöre işini tamamlamaları için standart süreler verilmesi günümüzde de son derece geçerli ve önemli olan “Yalın Üretim” in ilk uygulamalarını oluşturmuştur [4].

1924, Walter Shewhart: Shewhart, 1924 yılında görüntü ve analiz formu adlı yeni bir veri toplama yöntemi ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemde proses denetim tablolarının bilinen ilk örneği görülmüştür ve yöntem istatistiksel kalite kontrol çağının başlangıcını müjdelemiştir (süreç güdümlü düşünme şekli, kontrol tabloları konularında katkı sağlamıştır). Altı Sigma'nın ürün değişkenliğinde bir ölçüm standardı olarak kullanılması 1920'lerde Walter Shewhart'ın ortalamadan 3 Sigma sapmanın süreçte iyileştirme ihtiyacını doğurduğunu ortaya koyması ile başlamıştır. Bu tarihten itibaren süreçlerde birçok kalite ölçüm standardı uygulanmıştır [5]. İstatistiksel metotların kullanılmasıyla birlikte kalite kavramları sayısal ifadelerle dönüştürülebilmiş, ortalamalar, değişkenlikler (standart sapma ve varyans) ile kalite arasındaki ilişki ortaya konabilmiştir. Kalite, soyut boyuttan ölçülebilen somut hale dönüşmeye başlamıştır .

1945, Japon kalite hareketi: II. Dünya Savaşı sonrasında Japon liderler, müttefiklerin savaş kazanmalarına neden olan gizli silahın istatistik olduğunu düşünerek istatistik

hakkında daha çok şey öğrenmek istemişlerdir. Deming, Japonya'ya istatistik ve Amerikan kalite yöntemlerini öğretmeye gitmiştir. Varyasyonu belirlemek ve gelecekteki süreç performansını tahmin etmek için verileri hesaplanmış istatistikler ile karşılaştırmanın değerini vurgulamıştır. Deming, aynı zamanda kuruluşlardaki başarı ve başarısızlığın çalışan insan gücünden çok üst yönetimin sorumluluğunda olduğunu, yaşanan kalite problemlerinin % 94 ünün bireysel hatalardan çok, sistem yetersizliğinden kaynaklandığını belirten teorisini ortaya koymuştur [5]. Bu teorileri uygulayan Japon Şirketleri, sistematik yaklaşımlarla ve istatistiksel tekniklerle proseslerini kontrol altına alırken, Deming tarafından dünyaya duyurulan PUKÖ (Planla, uygula, kontrol et, önlem al) olarak bilinen kalite iyileştirme yöntemini kullanmışlardır.

1954 yılında kalite devrimi tehlikeye girince başka bir Amerikalı Juran, Japonya'ya gitmiştir ve kuruluşların tüm katmanlarındaki kalite girişimlerini birleştirmelerine yardımcı olmuştur (istatistiksel yöntemler ve istatistikçilerin kullanımı, sürekli iyileştirme yöntem bilimi, yönetimin etkin müdahalesi ve herkesin katılımının sağlanması, teşhis ve çözüm çalışmaları konularında katkı sağlamıştır). Feigenbaum ise müşteri memnuniyetini esas alan kalite ve maliyet unsurlarının önemini ortaya koyarken, günümüzde de geçerli olan “Toplam Kalite Yönetimi”nin kurucusu olarak kalite tarihindeki yerini almıştır.

1973, Japon hamlesi: Sonraki 20 yıl boyunca Japonların sürekli kalite ve imalat yeteneğini arttırma çabaları Amerika'daki çabalardan daha etkili olmuştur. Üretkenlik unsuruna odaklanmaları (hataları ortadan kaldırma ve çevrim sürelerini kısaltma) Toyota ve diğer Japon Şirketleri için çok sayıda önemli gelişmeye neden olmuştur. Bu esnada Amerikalıların çabaları hacim arttırma ve karlı pazar payını korumak üzerine olmuştur (değişen tüketici ihtiyaçlarına hızlı yanıtlar konularında katkı sağlamıştır). Tüm dünya “Toyota Üretim Sistemi” ile Japonların uyguladığı iyileştirme tekniklerinden haberdar olmaya başlamıştır. “Kalite Çemberleri”, “Kanban Uygulamaları” artık Batı kültürüne sahip firmalar tarafından da uygulanmaktadır. Elde edilen sonuçlar Japonların elde etmiş olduğu başarıdan oldukça uzak noktada olmuştur.

1980, Philip Crosby: Philip Crosby'nın kitabı "Kalite Özgürdür" piyasaya çıktığında Amerikan ekonomisi durgunluk döneminde ve yabancı ekonomi rekabetinden zarar görmüştür. Crosby, kalite iyileştirme için 14 adımdan oluşan bir yaklaşım hakkında yazı yazmıştır ve çoğumuzu sıfır hatayla tanıştırmıştır. Crosby, sıfır kusur hedefinin ulaşılamaz bir hedef olarak algılanması ve karşı durulması yerine, olabildiğince ulaşılmaya çalışılması gereken bir hedef olarak benimsenmesi gerektiği tezinin öncü savunucularından olmuştur (şirket çapında kalite iyileştirme sağlamak için yöntem bilim; ürün, süreç ve hizmetleri iyileştirmek, mükemmellik için çaba göstermek konularında katkı sağlamıştır).

1987, Uluslararası Standartlar Kuruluşu: Eşitliğin tanımında tutarlılık elde etme isteği, ilk kez 1901 yılında İngiltere'de olmak üzere endüstriyel standartlaşma kurumlarının geliştirilmesine neden olmuştur. 1930 yılına kadar dünyadaki sanayileşmiş kuruluşların çoğunda benzer kurumlar kurulmuştur. Cenevre kökenli ve ISO olarak bilinen Uluslararası Standartlar Kuruluşu, 1987 yılında tek bir küresel standart görevi yapacak şekilde sanayileşmiş dünyanın büyük kısmı tarafından benimsenmiş olan bir dizi kalite standardı getirdi. ISO 9000, sağlam kalite uygulamalarının kilit öğelerini ayrıntıları ile tanımlamıştır. (Sağlam kalite sistemlerinin temel öğelerinin geniş kapsamlı olarak paylaşımı, iyileştirme için kurumsal motivasyon çağrısı konularında katkı sağlamıştır.)

1987, Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü: Baldrige Ödülü'nün iki kilit özelliği, en iyi uygulama paylaşımının teşvik edilmesi ve ticari tasarım ve yürütmenin müşteri memnuniyeti ve kalite sistemleri tarafından yönlendirildiği kalite sistemleri için bir karşılaştırmalı değerlendirme oluşturulmasıdır. (En iyi uygulamaların paylaşımı, müşteri ve sonuçlara ciddi şekilde odaklanmak konularında katkı sağlamıştır.)

1.3. Altı Sigmanın Tarihsel Gelişimi

Altı Sigma'nın kökleri Carl Frederick Gauss'un (1777–1885) normal dağılımı tanımlamasına kadar dayanmaktadır. Altı Sigma'nın ürün değişkenliğinde bir ölçüm standardı olarak kullanılması 1920'lerde Walter Shewhart'ın ortalamadan 3 Sigma sapmanın süreçte iyileştirme ihtiyacını doğurduğunu ortaya koyması ile başlamıştır. Bu tarihten itibaren süreçlerde birçok kalite ölçüm standardı uygulanmıştır.

Altı Sigma felsefesinin önemli savunucularından birisi Phillip B. Crosby dir. Crosby, sıfır kusur hedefinin ulaşılamaz bir hedef olarak algılanması ve karşı durulması yerine, olabildiğince ulaşılmaya çalışılması gereken bir hedef olarak benimsenmesi gerektiği tezinin öncü savunucularındandır.

Altı Sigma, ilk olarak 1980 yılında Motorola’da Robert Galvin tarafından uygulamaya konulmuştur. Galvin’e göre, işletmedeki tüm birimler ve tüm ürünler için uygun bir yaklaşım gerekmektedir. Ayrıca bu yaklaşım objektif olmalı, veri ve ölçümlere dayanmalıdır. Motorola bu kalite ölçümünü somutlaştırmak için Milyon Oranda Hata Sayısı kavramını geliştirmiştir ve 1985 yılından itibaren bu ölçütü uygulamaya koymuştur. 1987 yılında üst yönetimin kalite iyileştirme konusundaki iddialı gayretlerinin etkisi ile Altı Sigma hedefi, yani “milyonda 3,4 hata” hedefi belirlenmiştir. Bu aynı zamanda, müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın karşılama hedefidir. Ancak hedef, yalnız başına bir anlam ifade etmediğinden, öncelikle hedefi gerçekleştirmek için gerekli yöntem ve araçlar geliştirilmiştir. Fakat asıl fayda bunların işletmenin tüm kademelerinde etkin olarak kullanılması ile sağlanmıştır.

Geliştirilen Altı Sigma teknikleri, yoğun bir eğitimle kademe kademe tüm çalışanlara verilmeye başlanmıştır. Başlangıç yıllarında Motorola sınırlı sayıda proje gerçekleştirmiştir. Bu projeler ile eğitime harcanan paranın birkaç misli kazanç elde edilmiştir. Motorola daha sonra 1981 yılı hedefleri arasına 1986 yılına kadar kaliteyi on misli arttırmayı yerleştirmiştir. Motorola’nın bu başarısı, birçok uluslararası işletme tarafından gıpta ile karşılanmıştır. İşletmenin 1988 yılındaki Genel Müdürü Bob Galvin’in, Beyaz Saray’da Malcolm Baldrige Ödülü’nü alırken, bu başarıyı Altı Sigma olarak adlandırdıkları bir yaklaşıma borçlu olduklarını söylemesi, Altı Sigma’yı çok sayıda işletmenin ilgi odağı haline getirmiştir.

Motorola’nın başarı hikâyesini duyan diğer Amerikan işletmeleri de Altı Sigma metodunu kullanmaya ve başarılı iş sonuçları elde etmeye başlamışlardır. Özellikle GE’nin metodolojiyi stratejik bir araç olarak kullanmaya başlaması ile yayılım kıtalar arasında hızla gerçekleşerek, küresel boyutlara ulaşmıştır Günümüzde; üretim, eczacılık, plastik, yazılım ya da hizmet sektöründe ispatlanmış bir metodoloji haline gelmiştir. Altı Sigma, ABD’de başlayan yolculuğunu Avrupa ve Asya’da sürdürmektedir. Bugün İngiltere, Almanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İspanya, Türkiye,

Japonya, Çin ve Güney Kore de, Altı Sigma'nın hızla yayılma olanağı bulduğu ülkelerden bazılarıdır. Caterpillar, IBM, 3M, P&G, Nokia, Motorola, John Deere, Jaguar, Honda, Hitachi, Ford, Dupont, Dow Chemical, LG, GlaxoSmithKline, Johnson & Johnson, Pfizer, Raytheon, SonyEricson, Sun Microsystems, Bombardier, Rexam, Alcan, Cisco, Delphi, Toshiba, General Electric, Allied Signal, Lockheed Martin, ABB, Texas Instruments, BMW, Samsung, Xerox, HP, Lexmark, Intel, NCR, Oracle, Whirlpool, Apple Computer, Alstom, York International, Autoliv, Volkswagen, Volvo, Boing, Black&Decker, Perkins, Chevron, Coca-Cola, Pepsi-Co, Kellogg, McDonald's, Colgate-Palmolive, Merck Wyeth, Merck Bristol-Myers, Squibb, Schering-Plough, Bausch&Lomb, Baxter International, Lilly gibi birçok üretim işletmesi Altı Sigma'yı kendi işletmelerine uyarlamışlardır.

Türkiye'de de birçok önemli kuruluş tarafından uygulamaya alınmıştır. Otosan, Aselsan, Borusan Grubu, TEI (Tusaş Motor Sanayi A.Ş.), Arçelik, Eczacıbaşı-Vitra, Kordsa, Klimasan, Bosch-Profilo, BOS (Birleşik Oksijen Sanayi), Çimtaş, Ford, Petrol Ofisi, BP, Shell, Kalekim, TEBA gibi üretim işletmeleri de Altı Sigma'yı uygulamaya başlamışlardır.

1.4. Altı Sigmanın Kullanım Alanları

Altı Sigma yönetim sistemini ve onun felsefesini isteyen herkes Şirketinde uygulayabilir. Herhangi bir ciro veya çalışan sayısı limiti yoktur. Bir sektör veya departman kısıtlaması da yoktur. Bankalardan araba üreticilerine, perakende mağazacılıktan yazılım Şirketlerine her türlü Şirket bu işe girişebilir. Bir Şirket bünyesinde de üretim veya teknik olarak adlandırılan bölümlerin yanı sıra pazarlama, satış, lojistik, insan kaynakları, finans, ar-ge bölümlerindeki süreçlerin iyileştirilmesinde de kullanılabilir. Üretim sürecinin var olduğu her ekonomik birim süreç yeterliliğini gerçekleştirme fırsatlarına sahiptir ve bu yönde Altı Sigma'dan yararlanabilmektedir.

Toplam kalite felsefesine inanmış, başarının kültürel değişimden geçtiğini kavrayan, detaylı bir yol haritasına ve danışmanlığa inanmış tüm firmalar Altı Sigma için potansiyel adaylardır. Genellikle orta ve büyük ölçekli firmaları kapsayan bir yaklaşımdır. Çünkü Altı sigma değişim ve gelişimi sağlamanın yanında bilgi ve deneyimi de gerektirmektedir. Bunun için firmaların bugünkü ve gelecekteki

durumu, mevcut performansların değerlendirilmesi ve değişim, iyileşme için gerekli sistem ve kapasitenin bulunması gerekmektedir.

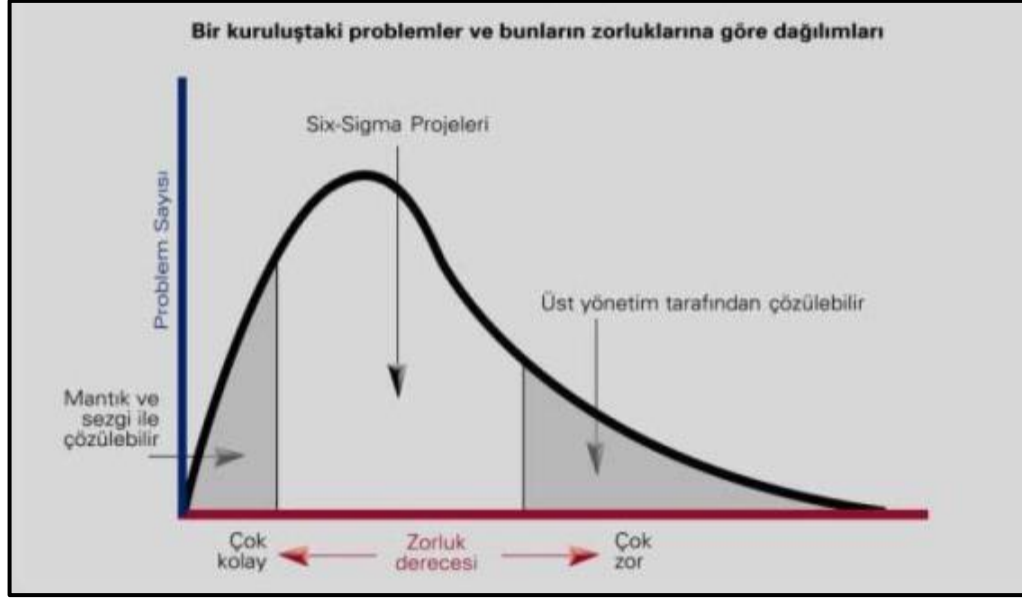
Altı Sigma programı temel olarak üç farklı seviyede konulara çözüm arayan firmalara faydalı olabilmektedir.

Bunlar [5]:

- Kuruluşun çalışma tarzında temel bir değişiklik yaratan bir dönüşüm ihtiyacı,
- Temel stratejik veya operasyonel zayıflıkları ya da fırsatları hedefleyen stratejik iyileştirme,
- Yüksek maliyet, tekrarlanan işler ya da gecikmeler gibi sorunları çözümleme ya da problem çözme gibi konulara yardımcı olabilmeyi sağlamaktadır.

Altı Sigma temel metodoloji ve araçlar ötesinde, çok iyi tasarlanmış komple bir sistemdir. Altı Sigma'nın ana itici gücü istatistiksel araç ve yöntemlerin disiplinli ve kolay anlaşılır bir metod içinde, işlevsel şekilde uygulanmasıdır. Bu metodoloji ve araçlar sadece üretim süreçlerine değil, diğer iş süreçlerine de (satış, satın alma, lojistik, sevkiyat, planlama, vb...) Uygulanabilmekte ve son derece başarılı sonuçlar elde edilmektedir. İstatistik sistemin temel ögesidir.

Özelikle 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. Şekil 1.2'de görüleceği gibi sistem, iş sonuçlarına büyük etkisi olan ancak yatırım gerektirmeyen projelere odaklanır.



Şekil 1.2. Problemlerin zorluklarına göre dağılımları [5]

1.5. Literatür Taraması

Altı sigma ile ilgili yapılmış olan çalışmalar aşağıda detaylandırılmıştır.

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 [6].

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 [7].

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 [8].

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 [9].

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 [10].

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 [11].

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 [12].

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 [13].

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 [14].

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

1.6. Altı Sigma İlkeleri

1.6.1. Müşteri odaklılık

Altı Sigma'nın en önemli prensiplerden biri, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini ilk seferde ve her seferde karşılama anlamına gelen müşteri odaklılıktır. Müşteri Odaklı Altı Sigma müşterilerin etkilendiği süreçlerdeki hata ve değişkenliği önlemek için kullanılır. Birçok firma müşteri memnuniyetini 1 numaralı hedef olarak seçmiş olsa da müşterilerinin istek ve ihtiyaçlarını doğru anlamayı başarabilen pek az sayıda firma başarıya ulaşabilmektedir. Elbette yalnızca dış müşteriye odaklanmak doğru olmayacaktır. İşletmede bulunan iç müşteriye yönelik toplantılar süresince istatistikleri tartışarak ya da etkin bir şikâyet yönetimiyle çalışanlara da odaklanmak, daha iyi sonuçlar verecektir.

1.6.2. Liderlik

Müşteri Odaklı Altı Sigma farklılığı katılımcı, yapıcı ve güçlü liderliğe dayanır. Müşteri odaklı Altı Sigma içerisinde risk yönetimi de bulunmaktadır. Altı Sigmayı hedefleyen her şirket sürekli olarak daha mükemmel olmaya çalışmalıdır. Unutulmamalıdır ki müşterinin mükemmel tanımı değişkendir ve şirketler ve özellikle de liderler bazı zamanlarda karşılaşılabilecek başarısızlıklara karşı hoşgörülü olmayı ve bu başarısızlıklarla başetmeyi öğrenmek zorundadırlar.

1.6.3. Metodoloji

Müşteri Odaklı Altı Sigma'nın metodolojisi ve araçları veriye dayalı ve istatistiksel olarak doğrulanabilir.

Veriye Dayalı: Bilginin temeli veridir. Tüm çalışmalarda veri toplama çok önemli bir aşamadır. Müşteri Odaklı Altı Sigma içerisinde verinin toplanması ve değerlendirilmesi için tutarlı teknikler yer almaktadır. Doğru verinin toplanması ve değerlendirilmesi (analiz ve iyileştirme) tecrübe ve hissiyata dayanmayan, bilgiye dayanan kararlar vermede çok önemlidir.

İstatistiksel: İstatistik verinin toplanması, analiz edilmesi, yorumlanması ve sunulması disiplindir.

Müşteri Odaklı Altı Sigma ile süreçlerde iyileştirme sağlayabilmek için problemleri istatistiksel olarak tanımlamak, istatistik ile değerlendirmek ve istatistik olarak çözmek gereklidir.

1.6.4. Süreç odaklılık

Altı Sigma’da süreçler, eylemin olduğu yerlerdedir. İster ürünleri ve hizmetleri tasarlarlarken olsun, ister performansı ölçerken, isterse verimi ve müşteri memnuniyetini arttırırken Altı Sigma, “süreci” başarının birinci aracı olarak görür.

1.6.5. İşbirliği

İşletmelerin, satıcıları ve müşterilerinin arasındaki işbirliğinin iyileştirilmesiyle elde edilecek fırsatlar büyük boyuttadır. Aslında tek bir amaç için, yani müşteriye bir değer sunmak için birlikte çalışması gereken gruplar arasındaki iletişimsizlik ve çekişme yüzünden, masanın üstünde her gün milyarlarca dolar bırakılmaktadır.

Hem müşterilerin gerçek taleplerini, hem de bir süreç ya da üretim zincirindeki iş akışını iyice anlamayı gerektirir. Dahası, müşteri ve süreç hakkındaki bilgileri herkesin yararına kullanmayı hedefleyen bir yaklaşım gerektirir. Böylece Altı Sigma sistemi, gerçek bir ekip çalışmasını destekleyecek ortamı ve yönetim yapısını oluşturabilir.

1.7. Altı Sigma Organizasyonunda Roller

Bir altı Sigma organizasyonu; günlük yönetim faaliyetlerinde altı Sigma araçlarını kullanan, süreç performansında ve müşteri memnuniyetinde gelişme gösteren işletme olarak tanımlanmaktadır. Altı Sigma’nın başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu denklemin insan gücü tarafıdır. Bu nedenle Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir.

1.7.1. Kalite konseyi

Altı Sigma’da projeler organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Fakat sizin de kabul edeceğiniz gibi eğer üst yönetim bu projeleri yeterli önem ve desteği vermezse hiçbir sonuç elde edilemez. Daha açık bir

ifade ile eğer üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamaz, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa Kara Kuşakların başarı şansı olmayacaktır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır.

1.7.2. Yönetim temsilcisi

Altı Sigma gayretleri üst yönetimden etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık şansı yüksektir. Bu tür bir görevlendirme Altı Sigma'ya verilen önemi göstermesi ve faaliyetleri kolaylaştırması açısından önemlidir. Yönetim Temsilcisi üst yönetim adına karar verebileceği için proje çalışmaları sırasında çıkan sorunların çözümü için konsey toplantıları beklenmeyecektir.

Yönetim Temsilcisinin başlıca görevleri;

- Altı Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitimin plana uygun olarak icrasını sağlamak,
- Gerektiğinde Altı Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmalık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- Proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite şampiyonu/şampiyonlarına yardımcı olmak,

gibi özetlenebilir.

1.7.3. Kalite şampiyonu

Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini Üst Kalite Konseyi adına gözlemleyen kişi/kişilerdir. Aslında Altı Sigma Takımlarını, Toplam Kalite Yönetiminin Çemberlerinden ayıran temel fark da buradadır. Kalite Çemberlerinde iyileştirme konularının seçimi ve projelerin yürütülmesi tamamen çember üyelerinin sorumluluğundayken, Altı Sigma'da bir miktar yönlendirme söz konusudur. Ancak bu yönlendirme takımların inisiyatiflerini ve yaratıcılıklarına zarar vermemeli, fakat işletme amaçlarına doğrudan katkı sağlamayan projelerle zaman harcamalarını önlemelidir.

1.7.4. Uzman kara kuşak

Altı Sigma ile ilgili her konuda en üst düzey teknik bilgiye sahip uzmandır. Bu görev, Altı Sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından yürütülebilir.

Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri;

- İyileştirme takımlarına başta istatistik yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,
- Kalite Şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,
- İyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek,
- Altı Sigma konusunda eğitim vermek,
- Çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak,

1.7.5. Kara kuşak

İyileştirme Takımının lideridir. İyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara Kuşak görevini yürüten kişi asli görevini proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder. Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. Kara Kuşaklar, Altı Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar. Bunun için Kara Kuşaklar, Uzman Kara Kuşak ya da dış eğitim kuruluşları tarafından ortalama dört ay süreli eğitime tabii tutulurlar. Ancak eğitim bir hafta ders üç hafta uygulama şeklinde icra edildiğinden, Kara Kuşaklar birinci haftanın sonunda küçük çaplı projelere liderlik edebilirler.

1.7.6. Yeşil kuşak

İyileştirme takımı üyelerine verilen addır. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten icracı personelden oluşur. Yeşil Kuşakların temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi derecede bilmeleri ve bilgisayar yazılımları yardımı ile analizleri çok rahat

yapabilecek yeterlilikte olmaları gerekmektedir. Bunun için Yeşil Kuşaklar proje takımlarının belirlenmesini müteakip ortalama iki hafta süre ile eğitime tabii tutulurlar [15].

2. ALTI SİGMA METODOLOJİLERİ

Altı Sigma'yı uygulayan işletmelerin, uyguladığı metodolojiler incelendiğinde birçok firmanın süreç üzerinde bir takım farklılıklara sahip olduğu görülmektedir. Fakat hemem hepsi temelde iki metodolojiye dayanmaktadır: bunlar TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, kontrol et) ve TÖADD (Tanımla, Ölç, Analiz et, Dizayn, Doğrula) metodolojileridir.

2.1. TÖADD Metodolojisi

- Tanımla: Projeninin hedefini ve iç/dış müşteri göstergelerini belirle.
- Ölç: Ölç ve müşteri ihtiyaç ve beklentilerini tesbit et.
- Analiz: Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için süreci analiz et.
- Dizayn: Müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde süreci tasarla.
- Doğrula: Dizaynın müşteri beklentilerini karşılayıp karşılamadığını doğrula

Firmada mevcut olmayan yeni bir süreç ya da ürüne ihtiyaç duyulduğunda;

Mevcut bir ürün ya da süreç optimize edilmesine karşın (TÖAİK ile ya da başka şekilde) halen müşteri beklentilerini altı sigma seviyesinde karşılamıyorsa sıklıkla Altı sigma projeleri süreçlerde iyileştirmeyi amaçlayarak TÖAİK metodolojisi ile başlarken aslında çoğunluğunda TÖADD metodunun kullanılması daha doğru olmaktadır. Ancak bu gerçeğin anlaşılması genelde projelerde birkaç ayın sonunda olmaktadır.

2.1.1. Altı sigma için dizayn

21. yy.da yeni teknolojiler kurulacak geliştirilecek ve daha yeni teknolojilere duyulan ihtiyaç sonucunda da devre dışı olacaktır. Dinamik olarak değişen günümüz dünyasında ürün süreçlerinin aylarla ifade edilen sürelerde tamamlanması beklenmektedir. Hızla değişen talep ve beklentileri karşılamak için ürün geliştirme

Çalışanları en kısa sürede güvenilir ve rekabetçi yeni ürünleri ortaya koymak zorundadırlar.

Günümüzde birçok ürün geliştirme tekniğı geliştirilmiş ve kullanılır durumdadır. Deneyssel tasarım, Kalite fonksiyon yayılımı, Hata modları etki analizi, ve deney tasarımı ürün geliştirme sürecinde yardımcı olarak kullanılan araçlarda bazılarıdır.

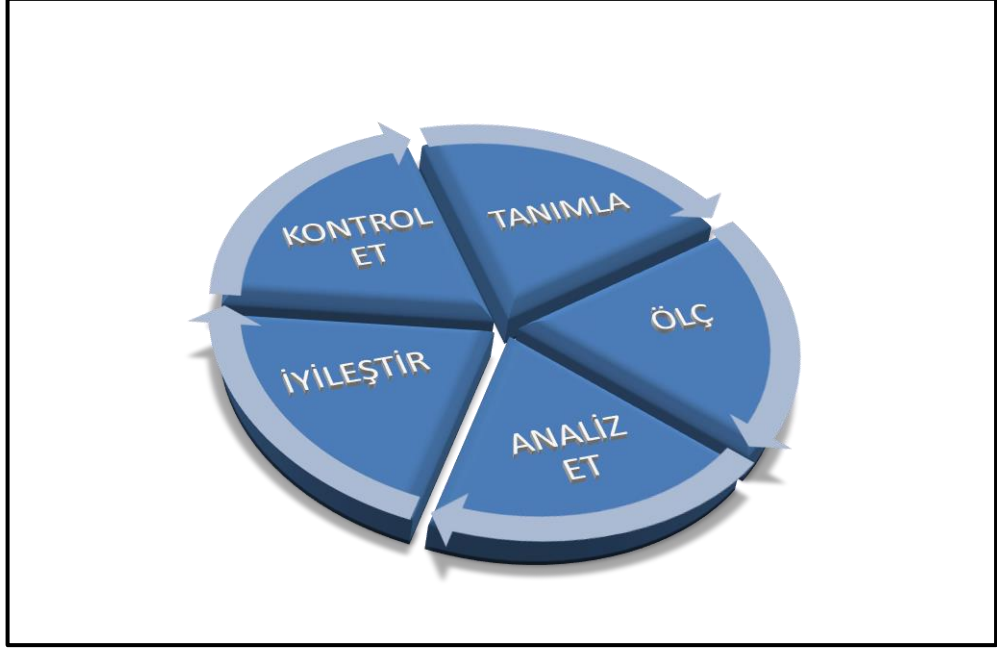
2.2. TÖAİK Metodolojisi

Altı Sigma TÖAİK (Tanımla, Ölç, Analiz et, İyileştir, Kontrol) metodolojisi problem çözümü ve ürün/süreç iyileştirme için bir yol haritası olarak görülebilir. Çoğı firma Altı Sigma'yı uygulamaya TÖAİK metodu ile başlar ve organizasyonel kültür ve tecrübe seviyesi uygun hale geldikten sonra Altı Sigma Tasarımını devreye alır.

Müşteri odaklı Altı Sigma projelerinde kullanılan en yaygın metod TÖAİK metodolojisidir. Tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol fazlarından oluşan bu metod ilk bakışta da görülebileceğı gibi Deming'in veri tabanlı süreç iyileştirme döngüsü olan PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al) döngüsüne dayanmaktadır.

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 tanımlı revize edebilirler. Ya da, analiz aşamasında kök nedenleri belirleyen proje ekibi ilave ölçümler yapılması gerektiğı sonucuna vararak ölçüm aşamasına dönebilirler.

Uygulamada karşılaşılan fazlar arası olası bu geri dönüşler de göz önünde bulundurularak TÖAİK döngüsü Şekil 2.1'de gösterilmektedir. [15].



Şekil 2.1. TÖAİK döngüsü [15]

Aşağıda her bir fazın amacı ve bu fazlarda kullanılabilecek araçlar hakkında bilgi verilmiştir. Unutulmaması gereken önemli bir nokta bu araçların hepsinin her Altı sigma projesinde kullanılması şartı olmadığıdır. Hangi durumda hangi araçların kullanılacağı zaman, tecrübe ve uzman kara kuşak ya da kara kuşakların desteğiyle belirlenebilir.

TÖAİK metodoloji fazlarını ve her fazda kullanılan araçları gösteren özet tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. TÖAİK metodoloji fazları ve her fazda kullanılan araçlar [15]

TÖAİK Metodolojisi Aşamaları	Araçlar
Tanımlama Aşaması: Proje hedeflerini ve müşteri göstergelerini tanımla	
• Müşterileri ve ihtiyaçlarını tanımla • Problem tanımını, hedefi ve getiriye belirle • Proje şampiyonunu, süreç sahibini ve ekibi belirle • Kaynakları belirle • Gerekli organizasyonel destek ihtiyacını belirle • Proje planını ve zamanlamayı hazırla • Süreç haritasını oluştur	• Proje Onay Formu • Süreç Akış Diyagramı • Müşterinin Sesi
Ölçüm Aşaması: Mevcut performansı ve problemi nicel olarak ifade et, süreci ölç	
• Metrikleri belirle • Ölçme sistemini doğrula • Veri topla • $Y=f(x)$ problem fonksiyon denklemini oluştur • Proses yeteneğini ölç	• Süreç Akış Diyagramı • Kıyaslama (Benchmarking) • Ölçüm sistemi analizi – yetenek çalışması • Prosesin Sigma Hesaplaması
Analiz Aşaması: Hataların kök nedenlerini tesbit ve analiz et.	
• 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	• Histogram • Pareto Diyagramı • Saçılım Diyagramı • Neden-Sonuç Diyagramı • İstatistiksel analiz • Hipotez testi
İyileştirme Aşaması: Hataları ortadan kaldırarak süreci iyileştir.	
• Deneysel tasarım uygula • Potansiyel çözümler geliştir • Potansiyel sistemin çalışma toleranslarını belirle • Potansiyel çözümler için hata modu analizi yap • Pilot çalışmalarla çözümleri doğrula • Potansiyel çözümleri düzelt/değiştir	• Beyin fırtınası • Hata önleme • Deneysel Tasarım • Pugh Matrisi • Hata modları etki analizi • Simülasyon programları
Kontrol Aşaması: Sürecin gelecekteki performansını kontrol altına al.	
• İzleme ve kontrol sistemini belirle ve doğrula • 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	• Süreç sigma hesaplaması • Kontrol diyagramları • Maliyet azaltma hesaplamaları • Kontrol planı

Genellikle literatürde bu süreç 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.

Aşağıda her bir fazın amacı ve bu fazlarda kullanılabilecek araçlar hakkında bilgi verilmiştir. Unutulmaması gereken önemli bir nokta bu araçların hepsinin her Altı sigma projesinde kullanılması şartı olmadığıdır. Hangi durumda hangi araçların kullanılacağı zaman, tecrübe ve uzman kara kuşak ya da kara kuşakların desteğiyle belirlenebilir.

2.2.1. Tanımlama aşaması

Bu aşamada projenin amaç ve kapsamı tanımlanır. Süreç ve müşteri hakkında bilgi toplanır. Seçilen ve tanımlanan projenin daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olması önemlidir.

Tanımlama aşamasında şunlar amaçlanır:

- İyileştirilecek sürecin tanımlanması, başlangıç ve bitiş sınırlarının belirlenmesi
- Müşterinin tanımı, ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Mevcut sürecin çıktıları ile müşteri beklentileri arasındaki farkın sayısal olarak ifade edilmesi
- Performans standartlarının ve gerekli ölçümlerin belirlenmesi
- Proje hedeflerinin belirlenmesi
- Projede kullanılması gerekecek kaynakların temini

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır;

- Proje onay formu,
- Süreç haritası,
- Paydaş analizi,
- Müşterinin sesi

2.2.2. Ölçüm aşaması

Bu aşamada iyileştirilecek sürecin mevcut durumunu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Aynı zamanda sürece etkisi olduğu düşünülen kritik kalite karakteristiklerinin etkileri bu aşama sonucunda sayısal olarak ifade edilerek $Y=f(x)$ problem tanımının netleştirilmesi amaçlanır. Y; süreç çıktısı, sürece etki eden girdilerin bir fonksiyonudur.

Sürecin mevcut performansı, problemi ya da problemin oluşumunu açıklayan veriler, problemin daha özel ve detaylı bir tanımıdır.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Detay süreç haritası
- Sebep sonuç matrisi
- Veri toplama planı,
- Veri toplama formları,
- Kıyaslama,
- Frekans dağılımları,
- Ölçüm sistemi doğrulaması (tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik)
- Pareto kartları,
- Önceliklendirme matrisi,
- Süreç yeteneği analizi,
- Süreç mevcut sigma hesaplaması,
- Grafik teknikleri
- Zaman serisi diyagramları.

2.2.3. Analiz aşaması

Bu aşamanın amacı problemin asıl nedenlerini tanımlamak ve bunların nedenlerini doğrulamaktır. Bunun için ölçüm aşamasında toplanan veriler analiz edilir. Dolayısıyla bu aşamanın çıktısı test edilen ve doğrulanan bir hipotez olacaktır. Analiz aşaması sonucunda $Y=f(x)$ formülünde sürecin iyileştirilebilmesi için kritik olan x'ler belirlenmiş olmalıdır [16].

Bu aşamada doğrulanan neden/nedenler bir sonraki aşamanın girdisini oluşturur.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Sebep-sonuç diyagramı,
- Histogram
- Frekans dağılımları,
- Hipotez testleri,
- Pareto kartları,
- Regresyon analizi,
- Kuvvet alan analizi
- Örneklem – istatistiksel analiz,
- Serpme diyagramları,

2.2.4. İyileştirme aşaması

Bu basamakta problemin temel nedenlerini ortadan kaldıracakı iddia edilen çözümler denenir ve uygulamaya konulur. Bu çözümler daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir prosedürü ya da daha iyi bir ekipmanı içerebilir.

Bu aşamada ayrıca sonuçların bir sonraki aşamada nasıl değerlendirileceğini açıklayan bir plan oluşturulmalıdır [16]:

- Beyin Fırtınası
- Konsensus,
- Yaratıcılık teknikleri,
- Deney tasarımı,
- İdeal süreç haritası,
- Hata modları etki analizi
- Planlama araçları,
- Simülasyon programları

2.2.5. Kontrol aşaması

Bu aşamanın amacı uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen kazançların sürdürülmesi ve artırılması için yapılması

gerekenleri ortaya koymaktır. Genel olarak bu aşama ile birlikte proje ekipleri iyileştirilmiş süreci süreç sahiplerine teslim ederler.

Bu nedenle bu aşama içerisinde eğitim de yer almaktadır [16].

3. ERGONOMİ

3.1. Ergonominin Tanımı

Ergonomi eski yunanca iş anlamına gelen ERGON ve doğal yasa veya düzen anlamına gelen NOMOS'tan üretilmiştir. Ergonomi bilim adamları, işle değil bilakis iş üreten insanla ilgilenmektedir. Ergonomi, insanların makineler ile çeşitli iş çevre koşullarına ilişkin bedensel ve ruhsal özelliklerini, eğilimlerini, yeteneklerini, sınırlılıklarını araştıran, elde ettiği veriler ile geliştirdiği ilkeleri makinelerin, makine sistemlerinin, iş ve çevre koşullarının tasarımına ve düzenlemesine uygulayan mühendislik dalıdır. Temel amacı, tüketim ve üretim alanlarında insan ögesinin güvenliği, üretkenliğini artırmak ve iş koşullarını iyileştirmektir.

Ergonomi birbirinden çok farklı olmamakla birlikte, değişik açılardan tanımlanmıştır: Ergonomi, sanayileşmenin getirdiği kendine özgü kurallar ve zorunluluklar silsilesi içerisinde, ekonomik faaliyetlerin asıl amacı olan “insan” ın kaybolup gitmesine göz yummayan, üstelik verimlilik gibi ekonominin gerekleriyle, insan yapısının gereklerini bağdaştırma iddiasında olup çabalarını bu yönde yoğunlaştıran ve bunda başarılı olan bir bilim dalıdır.

Ergonominin başka bir tanımı ise; “İnsana ilişkin ve en fazla rahatlık, güvenlik ve etkinlikle kullanılabilecek araç, makine ve donanım anlaşılması için gerekli bilgilerin tümü” diye nitelendirilmiştir[17]. Uluslararası Ergonomi Kurumu ergonomiyi şu şekilde tanımlamaktadır: Ergonomi yada İnsan Faktörleri Mühendisliği, insanın refahını, mutluluğu ve genel sistem performansını geliştirecek bilgi ve teoriyi bulmayı, uygun yöntemlerin uygulanmasını ve bir sistemin diğer elementler ve insanlar arasındaki etkileşimlerini temelde anlamaya çalışan bilimsel bir disiplindir.

Ergonomi, kendine özel amaçlı “karma bir bilim alanı” olarak insan faktörü mühendisliği yaklaşımı ile endüstri dünyasında, çok çeşitli alanlardaki araştırma ve geliştirme çalışmalarını ele almaktadır.

Belki de “İş Yasaları” şeklinde tercüme edebileceğimiz ergonomi terimini teklif eden bilim adamları, insan varlığının tüm yaşamı süresince üretken olabilmesini ve kendi kendini geliştiren ve son derece dayanıklı olan insanın, üretken varlığını korumayı bilimsel yasalara bağlamak istemişlerdir.

Doğanın kendi dengesi ve yasaları gibi, insan varlığının da kendi yetenek, kapasite ve iş gücü boyutları vardır[17]. Ergonomi uğraş alanında temel amacı insan faktörünün verimliliği, sistem içinde entegrasyonu ve iş yaşamının insancıllaştırılmasıdır.

Sonuç olarak ergonomi; insanların anatomik özelliklerini, antropometrik karakteristiklerini, fizyolojik kapasite ve toleranslarını göz önünde tutarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile oluşabilecek, organik ve psikososyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve insan-makine-çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koymaya çalışan, çok disiplinli bir araştırma ve geliştirme alanıdır.

Ülkemizde ergonomi kavramının yaygınlaşmasında büyük önem taşıyan Milli Prodüktivite Merkezi düzenlediği çeşitli seminerlerle ergonomiyi ele almıştır. M.P.M.’nin düzenlediği kongrelerde ergonomi kavramı şu anlamlarda verilmektedir: “Çağdaş üretim teknolojisinin ortaya çıkardığı bazı sorunları çözümlemeyi ve çalışma koşullarını daha iyiye götürmeyi amaçlayan ergonomi bilim dalının

ülkemizde uygulama alanının yaygın olduğu söylenemez. Oysa kalkınma çabasında olan ülkemiz kısıtlı kaynaklarını rasyonel kullanmak zorundadır. Bu yapılırken de fiziksel kaynakları değerlendiren teknikler yanında, insan ögesini değerlendiren tekniklerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Üretimi çoğaltmak, verimliliği artırmak amacıyla optimal insan-makine sistemi tasarılırken, fayda-maliyet çözümlemeleri yanında artık ergonomik çözümlemelerin de yapılması gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, dolaysız yoldan verimliliği artıracığı gibi, bir çok sosyoekonomik sorunların çözümüne yardımcı olarak verimlilik artışına süreklilik ve hız kazandıracaktır”.

Görüldüğü gibi verilen tanımlarda ortak öge insan ve iş çevresidir.

3.2. Ergonominin Tarihsel Gelişimi

3.2.1. Dünyadaki gelişimi

Ergonomi alanında ilk araştırmacı olarak Frederick Winston Taylor’u (1845-1915) gösterebiliriz. Kendisi bir makine mühendisi olan Taylor, insan performansını artırmak için ilk çalışmayı yapmıştır. Ona göre, insan, beceri ve iş koşulları arasında bilimsel bir bağ kurulmaktadır. Bu durum, istenen iş verimine ulaşılmasını olumlu yönde etkileyecektir. Ancak bu insan faktörünü Taylor sadece ekonomik yönden ele almıştır. Bu yönüyle eleştirilmektedir[18].

Başlıca araştırmalar 20. Yüzyılın ilk zamanlarına gidilerek izlenmesine rağmen, tanımlanabilir bir pratik ve çalışma alanı olan insan faktörleri/ergonomi biliminin gelişimi ise 2. Dünya savaşı sıralarında 1940’larda başlamaktadır. Amerika, İngiltere ve Almanya’da insan faktörleri/ergonomi çalışmaları, askeri silah sistemlerinde insan performansını artıracak araştırma ve uygulamaları gerçekleştirmek amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda bulunmuştur. Örneğin, bu üç ülke, insanların daha etkili bir biçimde silahları daha iyi kullanmaları için silahların görüş tasarımlarını nasıl daha iyi geliştirebiliriz sorusu ile ilgilenmişlerdir. Amerika’da mühendislik psikologları, pilot hatası olarak atfedilen çoğu askeri uçak kazalarının niçin olduğunu daha iyi anlamaya çalışmak için bu kazaları araştırmaya çalıştılar. Araştırmaların sonucunda ortaya çıkan temel bulgu ise gerçekte pilot hatası olarak anılan durumun mühendisliksel tasarım hatası olduğunun anlaşılması olmuştur. Bu tasarım hatasına, kontrol araçlarının, göstergelerin, çalışma alanı düzenlemelerinin insanın yetenek, sınır ve diğer karakteristik özellikleri ile uyumlu olmaması durumu yol açmıştı. Böylece, bu tasarımlar pilotların hata yapmalarına yol açıyordu. Bu bulgular Amerika’da, araştırmacıları insan-makine ara kesiti tasarımıyla ilgili insan faktörlerini daha iyi anlamaya yarayacak araştırmalara yöneltti ve böylece insan faktörleri tanımlanabilir bir araştırma ve uygulama alanı olarak gelişti. İlk zamanlar, ana odak noktası, insanın algılama, reaksiyon ve öğrenme faktörleri üzerineydi ve insan makine teknolojisi olarak bilinen gelişmesi ise daha sonra laboratuvar çalışmaları şeklinde oldu.

2. Dünya savaşını izleyen yıllarda Avrupa ve Japonya fabrikalarını tekrar inşa etme görevleriyle karşılaştılar. Sonuçta, sistematik olarak insanın iş doğası üzerine nasıl

çalışılacağı yani ergonomiye karşı bir ilgi gelişti ve daha sonra bu bilgi işyeri tasarımına uygulandı. Daha sonra ana ilgi noktası ise, ergonomi teknolojisini geliştirmek için sistematik alan gözlem çalışmalarına, biyo-mekaniğe, antropometrik karakteristiklere ve insan fizyolojisine doğru kaydı. Zamanla Amerika ve Avrupa birbirine uydu ve çalışmalar genişledi. Günümüzde, insan faktörlerini ve ergonomiyi uygulama ve geliştirme amacıyla kullanılan yöntemler ve çalışma alanları ise benzerdir ve ergonomi ile insan faktörleri aynı disiplin olarak resmen tanınmaktadır

3.2.2. Türkiye’deki gelişimi

Yurdumuzda ergonomi konusu oldukça yeni sayılır. Ergonomi düşüncesi, dolaylı yollardan da olsa, ilk önce Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde “Ziraatta Canlı Kuvvet Kaynakları” kürsüsünün kurulmasıyla ele alınmaya başlanmıştır. 1969 yılına kadar genellikle mekanik kuvvet kaynakları üzerinde çalışılmıştır [19]. Ergonomi, 1971 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği bölümün de insan Faktörü Mühendisliği adı altında eğitim programına alınmış ve ilk iki yıl dersler Dr. Korinek tarafından yürütülmüştür. 1975 yılında yurt dışından getirilen cihazlarla laboratuvar kurulmuştur. Halen etkinliğini de sürdürmeye devam etmektedir. 1980’lerde Dokuz Eylül Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yurt dışından getirilen çok sayıda çağdaş laboratuvar cihazlarıyla desteklenen “Ergonomi” derslerini eğitim programlarına almakla kalmamış, 1984 ve 1986 yıllarında İzmir Batı Alman Kültür Ataşeliği ile yardımlaşarak 1. ve 2. Türk-Alman Ergonomi Sempozyumlarını düzenlemiştir. Ülkemizde ergonomi konusunun iş dünyasına tanıtılmasında Milli Prodüktivite Merkezi’nin önemli katkıları olmuştur. Kurumca düzenlenen “Ergonomi”, “İşyerlerinde Fiziksel Ortamın İyileştirilmesi”, “Endüstri Mühendisliğinin İşletmelere katkısı” gibi seminerlerde ergonomi düşüncesinin vurgulanmasının yanı sıra, Milli Prodüktivite Merkezi uzmanlarının bu konuda hazırladığı kitaplar, kaynak olarak pek kısır olan ergonomi literatürüne öncülük etmiştir.

1987 yılından itibaren Milli Prodüktivite Merkezi her iki yılda bir ergonomi kongresinin toplanmasına katkıda bulunmuş, 5.Kongre 1995 yılında, sonuncu ve altıncısı 1998 yılında olmak üzere toplam 6 Ergonomi kongresi düzenlenmiş ve iş dünyası ile akademik kuruluşlardan gelen uygulayıcı ve araştırmacılar çok sayıda

bildiri sunmuşlardır. Milli Prodüktivite Merkezi'nin bu çalışmalarına rağmen ergonominin ülkemizde tam anlamıyla tanındığını ve uygulandığını söylemek doğru olmaz. Yapılan çalışmalar üniversitelerde akademik boyutta kalmakla beraber özellikle kamu alanında ergonomiden yeterince yararlanılamamaktadır. Oysaki diğer ülkeler ergonomiye 2. Dünya Savaşından sonra büyük önem vermişler, bu alanda büyük yol kat etmişlerdir.

3.3. Ergonominin AB ve Türkiye Mevzuatındaki Yeri

Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından 3 Haziran 1981 tarihinde 155 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği ve Çalışma Ortamına İlişkin Sözleşme (C155) kabul edilmiştir. Bu sözleşme iş güvenliği, iş sağlığı ve çalışma ortamına ilişkin ulusal politikaların geliştirilmesi, uygulanması ve periyodik kontrolünü genel olarak içerecek şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenlemenin amacı çalışma sırasında ve yapılan işle bağlantılı meydana gelebilecek kazaların ve olumsuz sağlık koşullarının önlenmesi, çalışma ortamlarının doğası gereği varolan tehlike ve risklerin mümkün olduğu kadar en aza indirilmesidir [18].

Ulusal politikalar belirlenirken dikkate alınması gereken eylem alanları incelendiğinde ergonomiyle ilgili birkaç eylem alanından bahsedildiği görülmektedir [19]:

- İşin maddi unsurlarının (işyerleri, çalışma ortamı, araçlar, makine ve teçhizat, kimyasal, fiziksel ve biyolojik maddeler ve etkenler, çalışma yöntemlerinin) tasarımı, test edilmesi, seçimi, ikamesi, montajı, düzenlenmesi, kullanımı ve bakımı,
- İşin maddi unsurları ile işi yapan veya nezaret eden kişiler arasındaki ilişkiler ve makine teçhizat, çalışma süresi, işin düzenlenmesi ve iş usullerinin çalışanların fiziksel ve zihinsel kapasitelerine uyarlanması,
- Yeterli sağlık ve güvenlik düzeyine ulaşılması amacıyla bütün çalışanların ileri düzeyde eğitimini, kalifiyesini ve motivasyonunu kapsayan eğitimi,
- Çalışma grubu ve işletme düzeylerinde ve ulusal düzeyi de kapsayan uygun diğer bütün düzeylerde iletişim ve işbirliği,
- Çalışanların ve temsilcilerinin disiplin cezalarına karşı korunması.

C155'e göre belirlenen politikaların uygulanmasında alınması gereken önlemleribelter 164 sayılı Haziran 1981 tarihinde 155 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Tavsiye Kararı (R164) 22 Haziran 1981 tarihinde kabul edilmiştir.Tehlikelerin öncelikle kaynağında önlenmesi gerektiği ilkesi göz önünde bulundurularak C155'e göre belirlenen politikalara uygun önlemlerin özellikle alınması gerektiği alanlarbelirtilmiştir.

Ergonomi açısından önemli olan alanlar şunlardır [18]:

- Aydınlatma, havalandırma, düzen ve temizlik,
- İşyerinde sıcaklık, nem ve hava akımı,
- Tehlikeye neden olabilecek makine ve ekipmanların tasarım, yapım, kullanım,bakım, test ve kontrolleri; uygun onay ve transferleri,
- Çalışma koşullarına bağlı fiziksel ve ruhsal stresin önlenmesi,
- Malzemelerin ve yüklerin elle ya da makineyle taşınması, istiflenmesi vedepolanması,
- Gürültü ve titreşime bağlı mesleki tehlikelere karşı korunulması, kontrol edilmesive önlenmesi.

Ayrıca R164'te Haziran 1981 tarihinde 155 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği hizmetlerinin işyerinin içerisindeki veya dışarısındaki bir yapıdansağlanabileceği belirtilmiştir. İş sağlığı hizmetleri 7 Haziran 1985 tarihli 161 sayılı İş Sağlığı Hizmetlerine İlişkin Sözleşmede (C161) de açıklanmıştır [21].ILO sözleşmeleri ve tavsiye kararlarına dayanılarak 29 Haziran 1989 tarihinde AB tarafından işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliklerinin geliştirilmesini teşvik edecekönlemleri tanıtan Konsey Direktifi (89/391/EEC) yayımlanmıştır. 89/391/EEC'de İSG'nin geliştirilmesini destekleyen önlemlerden bahsedilmektedir. Direktifin amacı çalışanların işkazası ve meslek hastalıklarından korunmaları amacıyla önleyici tedbirlerin uygulanması veçalışanların üst seviyede korunmasıdır. Burada çalışanların ve işverenlerin yükümlülüklerigenel önleme prensibi çerçevesinde vurgulanmaktadır. Direktif'te bir eylem alanından bahsedilmemiş ancak bireysel direktiflerde farklı alanlardan bahsedilmektedir.

Ergonomiyle ilişkili alanlar şunlardır [18]:

- Ekranlı Araçlarla Çalışma (90/270/EEC),

- Yüklerin Elle Taşınması (90/269/EEC),
- İş Ekipmanlarının Kullanımı (2009/104/EC).

C155 ve 89/391/EEC’de açıkça İSG ve ergonomi için önemli olan bazı alanlarvurgulanmış, ancak özellikle ergonomiden bahsedilmemiş ve alanlar belirsiz bırakılmıştır.

Örneğin 90/270/EEC’de ekranlı araçlarla çalışmalarda asgari sağlık ve gvenlikgerekliliklerinden [18];

- Çalışma koltuğu sabit, operatörün kolay hareketine izin veren ve rahat birpozisyonda olmalı,
- Koltuğun yüksekliği ayarlanabilir olmalı,
- Koltuğun sırtının hem eğimi hem de yüksekliği ayarlanabilir olmalı,şeklinde bahsedilmektedir.

Ülkemizde C155, 7 Haziran 2004 tarihli ve 5038 sayılı Kanunla; C161, 7 Haziran2004 tarihli ve 5039 sayılı Kanunla kabul edilmiştir. C155’te belirtilen ulusal politikalarınbelirlenmesi amacıyla 2005 yılında İSG alanında ilişkili kurum ve kuruluşlardan oluşan Ulusal İSG Konseyi (UİSGK) oluşturulmuştur. 89/391/EEC’nin ülkemiz mevzuatınauyumlaştırılması çalışmaları aşamalarında UİSGK ortak platform olarak kullanılmıştır. 30Haziran 2012 tarihli 28339 sayılı Resmi Gazete’de 6331 sayılı Kanun’un yayımlanması veikincil mevzuat çalışmalarının tamamlanmasıyla birlikte AB mevzuatına uyum çalışmaları tamamlanmıştır.

Bireysel direktiflerde ele alınan ergonomiyle ilişkili konular yönetmeliklerle düzenlenmiştir:

- 16 Nisan 2013 tarihli 28620 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “EkranlıAralarda alışmalarda Sağlık ve Güvenlik nlemleri Hakkında Yönetmelik”,
- 24 Temmuz 2013 tarihli 28717 sayılı Resni Gazete’de yayımlanan “Elle Taşımaİşleri Yönetmeliği”,
- 25 Nisan 2013 tarihli 28628 sayılı Resni Gazete’de yayımlanan “İşEkipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik şartları Yönetmeliği”.

3.4. Ergonomik Olmayı Belirleyen Faktörler

Bir çalışma sisteminin ergonomik olması, diğer bir deyişle insancılığı, araştırmacı Rohmert' e göre birbirini izleyen dört ölçüte göre belirlenir:

Yapılabilirlik: Bu ölçüt, bir çalışma sisteminin ergonomik olup olmadığını belirleyen birinci basamaktaki ölçüttür. Bir çalışmanın ergonomik, diğer bir tanımla insanca olabilmesi için her şeyden önce bu çalışmanın gerektirdiği işlemlerin ve yüklenmelerin insanın biyolojik yeteneklerinin sınırları içinde olması gerekir.

Dayanılabilirlik:Ergonomik çözümlemenin ikinci basamağını oluşturan bu ölçüt, yapılabilirlik ölçütünün zaman boyutuyla ilişkilendirilmiş biçimidir. Bu ölçüte göre bir çalışma sisteminin ergonomik olabilmesi için o çalışma sisteminin insandan istediği yetenek düzeyinin, "sürdürülebilir iş başarımı sınırı" içinde olması gerekir. Sürdürülebilir iş başarımı (performans) düzeyi genç ve sağlıklı bir insanın belli bir süre boyunca sürdürebileceği en üst (maksimum) iş başarısını anlatmaktadır.

Kabul edilebilirlik: Bu ölçüt ergonomik değerlendirmenin üçüncü basamağını oluşturur ve "beklenebilirlik" olarak da isimlendirilir. Bu ölçüte göre dayanılabilirlik sınırları içindeki koşulların toplumsal değer yargılarına uygun ve çalışanlar tarafından kabul edilebilir olması gerekir.

Hoşnutluk:Bu ölçüt insancılık ölçütlerinin son basamağını oluşturur. Bir çalışmanın insanca olabilmesi için, o çalışmanın, çalışmayı yapan kişinin hoşuna gitmesi gerekir. Bir çalışmanın, kişide hoşnutluk duygusu yaratması için her şeyden önce, çalışmanın kişinin yeteneklerine uygun olması, öte yandan onun beklentilerini ve özelemlerini yanıtlaması gerekir. Ergonomik ölçütlere son yıllarda eklenen beşinci ölçüt "kendini gerçekleştirebilirlik" ölçütüdür. Bu ölçüte göre bir çalışmanın ergonomik olabilmesi için o çalışmanın, insanın kendisini geliştirmesine katkıda bulunması gerekir. Çalışma, kişinin tüm yeteneklerini kullanmasına ve geliştirmesine, kendine gerçekleştirmesine olanak sağlamalıdır [22].

3.5. Ergonominin Amacı

Ergonomi, çalışanların beden ve yapı özelliklerinin gözetilmesini, insan bedeninin boyutları (Antropometri) gözetilerek iş düzeni kurulmasını ve insana uygun bir

yerleşim sağlanmasını amaçlar. Ergonomi, çalışan insanların fizyolojik kapasite ve toleranslarını gözeterek, iş ortamındaki tüm stres etkenlerini kontrol altına almayı ve çalışanların fizyolojik kapasitelerinin korunmasını ve mümkünse yükseltilmesini hedef alır.

Ergonomi, insan faktörünün yerinde, sağlıklı bir ortamda ve psikosomatik sorunlardan uzak bulundurulmasını ve verimliliğin artırılmasını amaçlar. Ayrıca sistem içinde insan, makine ve çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koyarak, iş dünyasında en uygun sağlık ve güvenlik koşulları için insancıl bir düzen almasını amaçlar.

İnsanın üretim ya da hizmet amacıyla birlikte çalıştığı basit veya karmaşık her türü, tezgâh, araç, gereç vb. makine olarak isimlendirirsek ergonominin en önemli uğraş alanının insan- makine sistemleri olduğu görülür. Bu sistemlere literatürde "iş sistemleri" ya da "sosyoteknik" sistemler adı verilir. Sistem içinde sistemin amacını gerçeklemek üzere (örneğin iş parçasının bir tezgâhta işlenmesi gibi), insan ve makineye belirli görevler düşer. Bu görüşle insan ve makinenin sistem içindeki kısmi fonksiyonlarını teşkil ederler. Sistemin basit veya karmaşık oluşuna göre bu fonksiyonlar da basit veya karmaşık olabilir. Örneğin insan ile bir tornavida, insan ile bir torna tezgahı veya insan ile bilgisayar, insan-makine sistemlerine birer örnektirler.

Ergonominin uğraş alanı görüldüğü gibi insan-makine sisteminin incelenmesini oluşturmaktadır. İnsan makine sistemini kurmak ve bu sistemin en iyi biçimde çalışmasını sağlamak ergonominin temel uğraş alanıdır. Ergonomi, sistemi oluşturan etmenleri birbirine uyumunu sağlamaya çalışır.

Sistemi çalıştıracak olan insanın, fizyolojik ve psikososyal yönlerden, sistemle iyi uyuşmasına çaba harcamak, ergonominin asıl görevidir. Ergonomi yöntemler geliştirerek vücut işlevlerinin en uygun biçimde gerçekleştirilmesine çalışır. Öte yandan ergonomi, sistemin içinde bulunduğu çalışma çevresinin, verimi olumlu yönde etkileyerek, insan sağlığına sakıncalı olmayacak ve insanın huzur içinde çalışmasını sağlayacak biçimde düzenlenmesinde çaba harcar.

Ergonomi, iş sistemi içinde insanı incelerken daha yüksek performansa ulaşmasıyla, çalışan kişiden istenen zorlanma arasında en uygun bir bileşim elde etmeyi amaçlar, zorlanma aşın artırılmadan, insanın performansının yükseleceği ilk kez ergonomik araştırmalarla gösterilmiştir [20].

3.6. Ergonominin Çeşitleri

Ergonomik araştırma ve uygulamalarını üç grup altında toplamak mümkündür. Bunlar, Fiziksel Ergonomi, Bilişsel Ergonomi ve Organizasyonel ve Yönetimsel Ergonomi. Bu üç gruba ait alt başlıklar ise aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

3.6.1. Fiziksel ergonomi

Fiziksel Ergonomi, klasik olarak nitelendirilen ve daha çok endüstri mühendisliği içerisinde ele alınan konuları kapsamaktadır. Özellikle fiziksel çevrenin tasarlanması, çalışan insanın sağlık ve güvenliğine ilişkin tasarımlar, insan vücut ölçüleri ve vücudun bir çalışma ortamı içerisinde en iyi kullanımını konu alır[23].

3.6.2. Bilişsel ergonomi

Günümüzde bilgisayarların gelişmesiyle birlikte, bilgi ve bilişim sistemleri gelişmekte ve bilgisayar aracılığı ile bilginin gerekli yerlere ve kişilere, kısa zamanda ve doğru olarak ulaşması mümkün olabilmektedir. Bu hızlı teknolojik değişim içinde insanın bu tempoya ayak uydurabilmesi için, iş sistemleri tasarlanırken insan unsurunu, insan-makine veya insan-bilgisayar etkileşimini dikkate almak gerekir. İşte bu noktada, bilgi teknolojisine dayanan modern iş sistemlerinin tasarlanmasında, işin insana uyumunu inceleyen bilim dalı olan ergonomiden yararlanılmaktadır. Ergonominin bir alt kolu olan Bilişsel Ergonomi, insan-bilgisayar sistemlerinde daha etkin ve verimli bir çalışma sağlayabilmek için kullanıcı-görev-sistem etkileşimini sistematik olarak incelemektedir[22].

3.6.3. Organizasyonel ve yönetimsel ergonomi

Organizasyonel ve yönetimsel ergonomi aşağıdaki şekilde sınıflandırabilmektedir:

- Çalışanların katılımı
- Teknoloji yönetimi ve organizasyonel değişim

- İş programlama
- Performans modelleme
- Toplam kalite yönetimi
- Sosyo-teknik organizasyon tasarım
- Proje yönetimi
- Yönetim değişimi
- Bilgisayar destekli yönetim
- Bakımda insan ögesi
- Yönerge ve standartlar
- Katılımcı ergonomi
- Makro ergonomi

3.7. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Ergonomide ve mesleki sağlıkta çalışmalar; işe ilişkin yüklenme, bireysel zorlanma ve olası sağlık riskleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için gerçekleştirilir. Bu çalışmalar gerçek işyerlerinde rehberlik edeceği için, uygulama-yönlü bir araştırma gereklidir[24]. Çalışanların maruz kaldığı risklerin gelişmesine katkıda bulunabilen faktörlerin doğru ölçülmesi, araştırmaları yönlendiren ergonomistler için hayati önem taşımaktadır[25]. Raporlanmış iş ile ilişkili yaralanmaların çoğunluğu sırt, omuz, üst uzuvlar ve boyun üzerinde yoğunlaşmış olduğundan ötürü, Ergonomik ölçümler/değerlendirmeler de çoğunlukla bu bölgelerdedir.

Maruziyet değerlendirme teknikleri üç kategori içine açık olarak sınıflandırmışlardır.

Bunlar[26]:

- Öznel değerlendirmeler (subjective judgement),
- Gözlemsel değerlendirmeler (observative judgement),
- Direkt ölçümlerdir (direct measurements).

3.7.1. Öznel değerlendirmeler

Maruziyetlerin değerlendirilmesi için çok fazla sübjektif yöntem bulunmaktadır. Öznel risk değerlendirmesi olarak anketler ve kontrol listeleri kullanılır. Bu yöntemlerden literatürde adından çokça bahsettirenlerden bazıları; standardize

edilmiş İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi, Alman Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlık Anketi, Cornell Kas İskelet Sistemi Rahatsızlığı Taraması, Vücut Rahatsızlık Haritası, Hissedilen Çaba Derecesi, Hissedilen çaba derecesine dayanan İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri'dir. Bu metotların en önemli avantajı etkin, düşük kaynak kullanımı ve imkan dahilinde geniş örnek büyüklüğü sağlamasıdır[26].

Maruziyet seviyesinin mutlak bir şekilde ölçümü bu metotları kullanarak şüpheli olmakla beraber, nispeten daha yüksek riskteki meslek grupları için diğer metotlar kullanılarak daha detaylı analizler yapılmalıdır.

3.7.2. Gözlemlere dayalı yöntemler

İş yeri risk maruziyetlerini sistematik olarak kaydetmek ve de nicel değerlendirmeler yapmak amacıyla gözlemsel teknikler oluşturulmuştur. Literatürde bir takım basit gözlemsel teknikler geliştirilmiştir. Farklı teknikler, insan vücudunun farklı sayıdaki bölgeleri için risk değerlendirmelerini gerçekleştirir. Bazı teknikler sadece çeşitli vücut bölümlerinin postural değerlendirmesi yapar, fakat çoğunluğu, Tablo 3.1'de görüldüğü gibi çeşitli kritik fiziksel maruziyet faktörlerini değerlendirir [27]. Tablo 3.1'de kas-iskelet sistemi rahatsızlığına ilişkin fiziksel risk faktörleri koyu alan ile gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Gözlemsel değerlendirme araçları [27]

Değerlendirme Aracı	Duruş	Yük/Güç	Hareket Frekansı	Süre	Titreşim	Analiz Zamanı	Eğitim Gereksinimi/Karmaşıklık	Değerlendirilen Vücut Bölgeleri
<i>El ile malzeme elleçleme (kaldırma, indirme, itirme, çekme, taşıma) görevleri için</i>								
NIOSH- 1994 Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz,Sırt/gövde/kalça
Snook Tabloları- 1991	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz,Sırt/gövde/kalça/Bacak/diz/a
MAC- 2003 El İle Taşıma Değerlendirme Çizelgeleri	x	x	x	-	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz,Sırt/gövde/kalça
<i>Üst uzuv risk değerlendirme metotları</i>								
ACGIH HAL- 2001 El Aktivitesi Düzeyi	-	x	x	x	-	Orta	Orta	El Aktivitesi Düzeyi
RULA- 1993 Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi	x	x	x	-	-	Düşük	Orta	Boyun/omuz/El/bilek/kol/Sırt/gövde/kalça
<i>Birleştirilmiş Metotlar</i>								
Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi	x	x	x	x	x	Düşük	Orta	Boyun/omuz,El/bilek/kol,Sırt/gövde/kalça,
OWAS- 1970 Ovako Çalışma Duruşların Analiz Sistemi	x	x	-	-	-	Yüksek	Orta	Boyun/omuz,Sırt/gövde/kalça,Bacak/diz/a
Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi	x	x	x	-	-	Düşük	Orta	Boyun/omuz,El/bilek/kol,Sırt/gövde/kalça,
Sue Rodgers Değerlendirme Yöntemi	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz,El/bilek/kol,Sırt/gövde/kalça,

Yüksek derecede dinamik aktiviteler için postural değişimin değerlendirilmesi için gözlemsel teknikler geliştirilmiştir. Bu metotlar, videobandına, bilgisayara veya değerlendirme formlarına kaydedilen veriler ile sonradan objektif olarak analiz edilebilir. Çalışanların postural değişimleri, temsil edecek bir çalışma periyodu süresince gerçek zamanlı kaydedilebilir ve çeşitli bölgeler analiz edilebilir. Ayrıca, hareketin uzaklığı, açısal değişiklik, hız ve yük gibi birkaç boyut belirlenebilir. Gözleme ve bir teknik metota bağlı olan bu yöntemler gözlemlere dayalı metotlar olarak adlandırılır[27].

3.7.3. Direkt ölçüm teknikleri

İnsan hareketlerini ve duruşlarının analizi için çeşitli direkt ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Direkt ölçümler için; sırasıyla kas aktiviteleri, açı sapmaları, güçler ve vücut hareketleri hakkında detaylı gerçek nicel bilgiler veren elektromiyografi, açı ölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar kullanılır. Yukarıda değinilen bu üç yaklaşımın karşılaştırılması yapıldığında, daha geçerli ve güvenilir metotlar olduğundan, direkt ölçümler gözlemlerin üzerinde, gözlemler de kişisel raporların üzerinde tutulur. Gözlemsel teknikler temassızdır (vücuda cihazların takıldığı direkt

ölçüm metotlarının tersine) ancak, çeşitli vücut duruşlarını tanımlamada analizcinin yargılarına dayanır [28]. Gözlemsel teknikler, önemli maliyet içerir. Büyük çaplı epidemiyolojik çalışmalarda çok geniş popülasyonda, önemli kaynaklar ve uzman gerektirdiğinden, bireysel maruziyet değerlendirmesi için pratik değildir. Anketler ve görüşme metotları kullanan kişisel raporlama (öznel değerlendirme) tekniği, geniş bir popülasyona makul bir maliyetle erişebilir.

Sonuç olarak, hiçbir yöntem mükemmel değildir, farklı metotlar, farklı durumlar ve farklı amaçlar için kullanılabilir[29].

4. SUE RODGERS ERGONOMİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Gözlemlere dayalı bir metot 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 çıkılmıştır. 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 kullanılabilecek en uygun ergonomik risk değerlendirme metodudur [30].

Sue Rodgers metodu, çalışanların kolaylıkla kullanabileceği bir metottur. Öğrenilmesi ve uygulanışı fazla zaman gerektirmeyen, değerlendirme sonucu analiz etme süresi diğer yöntemlere nazaran kısa olabilen, 1000 üzeri çalışanı bulanan işletmeler için kısıtlı süre zarfında tatmin edici sonuçlar alınabilen bir gözlemsel ergonomik risk değerlendirme metodudur.

Tez kapsamında yapılan çalışmada, yukarıdaki paragrafta bahsedilen sebeplerden dolayı Sue Rodgers yöntemi kullanılmıştır.

4.1. Yöntemin Uygulanışı

Değerlendirme yapılacak olan iş seçilir. İş parçalara bölünerek, alt iş adımları belirlenir Sue Rodgers Proses Kartı'na yazılır. Proses kartını dolduran kişi Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirme yöntemi hakkında eğitim almış olmalıdır(Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Sue Rodgers proses kartı

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

Buna eş zamanlı olarak her bir alt iş adımı ile ilgili çalışanın kendine göre “zor” olarak nitelendirdiği iş adımları belirlenir. Bu iş adımlarına öncelik atanır. Öncelikli olan iş adımlarından başlamak üzere her bir iş adımı için Sue Rodgers Risk Değerlendirme Formu doldurulur (Şekil 4.1).

SUE RODGERS ERGONOMİK RISK DEĞERLENDİRME FORMU					1: HAFİF 2: ORTA 3: AĞIR	1 = 6 SANİYEDEN AZ 2 = 6 İLE 20 SANİYE ARASI 3 = 20 İLE 40 SANİYE ARASI 1 = DAKİKADA BİRDEN AZ 2 = DAKİKADA 1 İLE 5 ARASINDA 3 = DAKİKADA 5 İLE 15 ARASINDA	HARCANAN EFOR	EFOR DEVAM SÜRESİ	DAKİKADAKİ EFOR	RİSK DEREJESİ	
MAJOR ÇALIŞAN KAS GRUBU	1. HAFİF <30%	2. ORTA 30%-70%	3. AĞIR >70%	PROSES ADIMI							
SIRT	 Yana eğilmek veya 20 dereceden fazla öne eğilmek ; geriye esnemek	 Yüksüz öne eğilmek ; Vucuda yapıpık uygun ağırlıkta yük taşımak ; baş seviyesi üzerinde çalışmak	 Kaldırarak veya yüksek kuvvet uygulayarak dönmek ; Yüksek kuvvet veya yükte 20 dereceden fazla eğilmek ; 75 cm den fazla uzanmak veya 60 dereceden fazla eğilmek								8
BOYUN	 Başı kısmen kısmen yana, öne, arkaya çevirmek	 Başı tam yana eğmek ; başı tam arkaya kaldırmak ; 20 dereceden fazla öne eğilmek	 Başı ön-arka-yan eğik gergin pozisyonda prosesin 50% si boyunca çalışmak								8
OMUZLAR	 Kollar hafif vucuttan açık çalışmak ; Kolları destekle uzatmak	 Kollar vucuttan uzak bir şekilde, desteksiz çalışmak ; Baş seviyesi üzerinde çalışmak	 Kollar vucuttan uzaktan 75 cm üzerinde gergin pozisyonda veya baş üzerinde pozisyonda 50% proses süresi boyunca çalışmak								6
KOL VE DİREKLER	 Kollar gövdeden açık yüksüz çalışmak ; hafif kuvvet ve yük kaldırma gövde yanında çalışmak ; uygun takım tutuşu	 Orta kuvvette kolu çevirmek	 Yüksek kuvvette kolla çevirmek, max gerilmeler								5
BİLEKLER ELLER PARMAKLAR	 Düşük kuvvette (baş parmakla, işaret, orta parmakla basma, eller yere bakarak tutma) veya vucuda yakın bilekleri düz pozisyonda taşıma ve uygun düz tutuş	 Geniş veya dar parçayı tutma ; açılı (orta) direk poz. çalışma, özellikle öne eğilmiş bilek ; orta kuvvetlerde eldiven kullanma	 Zayıf tutuş ; yüksek direk açılarında çalışma ; kaygan yüzeyler ; elle yumruklamak								4
BACAĞILAR VE DİZLER	 Eğilmeden diz ayakta durmak, yürümek ; çift ayak üzerinde kuvvet taşıyış düşük kuvvet ve uygun çalışma pozisyonunda itme, çekme	 Yüzey üzerine öne yana eğilmek ; ağırlık tek taraflı çalışmak ; orta kuvvette zor pozisyonda itme çekme ; dizlekle diz çökme	 Yüksek kuvvette itme, çekme ; Dizlekle diz çökme								3
AYAK BİLEKLER AYAK PARMAKLARI	 Ayakta durmak veya yana eğilmek ; Çift ayak üzerinde, uygun ayak açılığında bulunmak	 Vucudu ayakta 90 derece çevirmek ; yük tek ayak üzerinde vucudu çevirmek ; 15 cm üzerinde basamak çalışmak	 Araç içinde oturmak ; çömelmek veya koltuksuz oturmak ; diz çökme								2
ANALİZ YAPAN KİŞİ	PROSES										
ANALİZ TARİHİ	ALAN İSTASYON										

Şekil 4.1. Sue Rodgers risk değerlendirme formu

Sue Rodgers risk değerlendirme formu temelde 3 bölümden oluşmaktadır.

Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Değerlendirme kriterleri baremleri (Şekil 4.2),
- İş adımlarının yazıldığı ve kriterlere göre gerçekleşen değerlerinin yazıldığı veri giriş bölümü (Tablo 4.2),
- Veri girişi sonucu çıkan sonuçlara göre risk seviyesinin belirlendiği risk skalası bölümü (Tablo 4.3).

SUE RODGERS ERGONOMİK RISK DEĞERLENDİRME FORMU									
HARCANAN EFOR				EFOR DEVAM SÜRESİ		DAKİKADAKİ EFOR		RISK DEREJESİ	
1. HAFİF <30%				2. ORTA 30%-70%		3. AĞIR >70%			
MAJOR ÇALIŞAN KAS GRUBU	Düşük kuvvet VE Uygun çalışma pozisyonu	Düşük Kuvvet VE zor çalışma pozisyonu	Yüksek Kuvvet VE uygun çalışma pozisyonu	Yüksek Kuvvet VE zor çalışma pozisyonu	PROSES ADIMI	HARCANAN EFOR	EFOR DEVAM SÜRESİ	DAKİKADAKİ EFOR	RISK DEREJESİ
SIRT	 Yana eğilmek veya 20 dereceden az öne eğilmek ; geriye esnemek	 Yüksüz öne eğilmek ; Vucuda yapışık uygun eğriktir yük taşımak ; baş seviyesi üzerinde çalışmak	 Kalırsak veya yüksek kuvvet uygulayarak dönmek ; Yüksek kuvvet veya yükü 20 dereceden fazla eğilmek ; 75 cm den fazla uzanmak veya 60 dereceden fazla eğilmek						9
BOYUN	 Başı ön-arka-yanı eğik pozisyonunda prosesin 50% si boyuna çalışma								8
1: HAFİF 2: ORTA 3: AĞIR									
1 = 6 SANİYEDEN AZ 2 = 6 İLE 20 SANİYE ARASI 3 = 20 İLE 40 SANİYE ARASI									
1 = DAKİKADA BİRDEN AZ 2 = DAKİKADA 1 İLE 5 ARASINDA 3 = DAKİKADA 5 İLE 15 ARASINDA									
AYAK BİLEKLERİ AYAK PARMAKLARI	 Kuvvet birimig düşük kuvvet ve uygun çalışma pozisyonunda ilme çekme	 ilme çekme ; dizlele diz çekme	 Yüksek kuvvetle ilme çekme ; Dizlelele diz çekme						3
	 Ayakta durmak veya yana eğilmek ; Çift ayak üzerinde, uygun ayak açılışında bulunmak	 Vucudu ayakla 90 derece çevirmek ; yük tek ayak üzerinde vucudu çevirmek ; 15 cm üzerinde basamak çıkarmak	 Araç içinde oturmak ; çömelmek veya koltuksuz oturmak ; diz çekmek						2
ANALİZ YAPAN KİŞİ	PROSES								
ANALİZ TARİHİ	ALAN İSTASYON								

Şekil 4.2. Değerlendirme kriterleri baremi

Tablo 4.2. Veri giriş bölümü

PROSES ADIMI	HARCANAN EFOR	EFOR DEVAM SÜRESİ	DAKİKADAKİ EFOR	RISK DEREJESİ

Tablo 4.3. Risk skalası

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

Değerlendirme kriterleri bareminde bulunan alt başlıklar şöyledir:

- Harcanan efor (Şekil 4.3),
- Efor devam süresi,
- Efor frekansı.

	HARCANAN EFOR			
	1. HAFİF <30%	2. ORTA 30% - 70%		3. AĞIR >70%
MAJOR ÇALIŞAN KAS GRUBU	Düşük kuvvet VE Uygun çalışma pozisyonu	Düşük Kuvvet VE zor çalışma pozisyonu	Yüksek Kuvvet VE uygun çalışma Pozisyonu	Yüksek Kuvvet VE zor çalışma pozisyonu
SIRT	 Yana eğilmek veya 20 dereceden az öne eğilmek ; geriye esnemek	 Yüksüz öne eğilmek ; Vucuda yapışık uygun ağırlıkta yük taşımak ; baş seviyesi üzerinde çalışmak	 Kaldırarak veya yüksek kuvvet uygulayarak dönmek ; Yüksek kuvvet veya yükü 20 dereceden fazla eğilmek ; 75 cm den fazla uzanmak veya 60 dereceden fazla eğilmek.	
BOYUN	 Başı kısmen kısmen yana, öne, arkaya çevirmek.	 Başı tam yana eğmek ; başı tam arkaya kaldırmak ; 20 dereceden fazla öne eğmek.	 Başı ön-arka-yana eğik gergin pozisyonda prosesin 50% si boyunca çalışma	
OMUZLAR	 Kollar hafif vucuttan açık çalışma ; Kolları destekle uzatma	 Kollar vucuttan uzak bir şekilde, desteksiz çalışmak ; Baş seviyesi üzerinde çalışmak.	 Kollar vucuttan uzakta 75 cm üzerinde gergin pozisyonda veya baş üzerinde pozisyonda 50% proses süresi boyunca çalışma	
KOL VE DİRSEKLER	 Kollar gövdeden açık yüksüz çalışma ; hafif kuvvet ve yük kaldırma gövde yanında çalışma ; uygun takım tutuşu	 Orta kuvvetle kolu çevirme	 Yüksek kuvvetle kolla çevirme, max gerilmeler	
BİLEKLER ELLER PARMAKLAR	 Düşük kuvvetle (baş parmakla, işaret-orta parmakla basma, eller yere bakar tutma) veya vucuda yakın bilekler düz pozisyonda taşıma ve uygun düz tutuş	 Geniş veya dar parçayı tutma ; açılı (orta) dirsek poz. çalışma, özellikle öne eğilmiş bilek ; orta kuvvetlerde eldiven kullanma.	 Zayıf tutuş ; yüksek dirsek açılarındaki çalışma ; kaygan yüzeyler ; elle yumruklamak	
BACAKLAR VE DİZLER	 Eğilmeden düz ayakta durmak, yürümek ; çift ayak üzerinde kuvvet binmiş düşük kuvvet ve uygun çalışma pozisyonunda itme, çekme	 Yüzey üzerine öne-yana eğilmek ; ağırlık tek tarafta çalışma ; orta kuvvetle zor pozisyonda itme çekme ; dizlikle diz çökme	 Yüksek kuvvetle itme, çekme ; Dizliksiz diz çökme	
AYAK BİLEKLERİ AYAK PARMAKLARI	 Ayakta durmak veya yana eğilmek ; Çift ayak üzerinde, uygun ayak açıklığında bulunmak	 Vucudu ayakla 90 derece çevirmek ; yük tek ayak üzerinde vucudu çevirmek ; 15 cm üzerinde basamak çıkmak	 Araç içinde oturmak ; çömelmek veya koltuksuz oturmak ; diz çökme	

Şekil 4.3. Harcanan efor

Değerlendirilecek olan iş adımı aşağıda belirtilen vücut bölgelerinin her biri için harcanan efor, efor devam süresi ve efor frekansı kriterleri baz alınarak gözlemlenir:

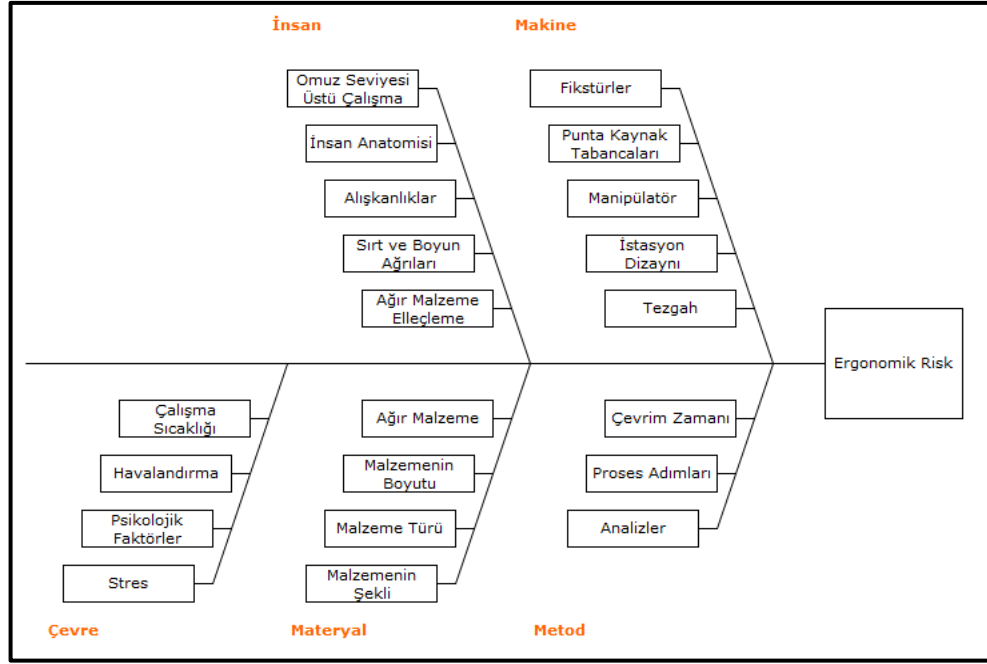
- Sırt,
- Boyun,
- Omuzlar,
- Kol ve dirsekler,

- Bilekler, eller ve parmaklar,
- Bacaklar ve dizler,
- Ayak bilekleri ve ayak parmakları,

Çıkan sonuçlara göre iş adımının her bir vücut bölgesi için risk seviyesi belli olur ve en yüksek çıkan risk seviyesi o iş adımının genel risk seviyesini belirler.

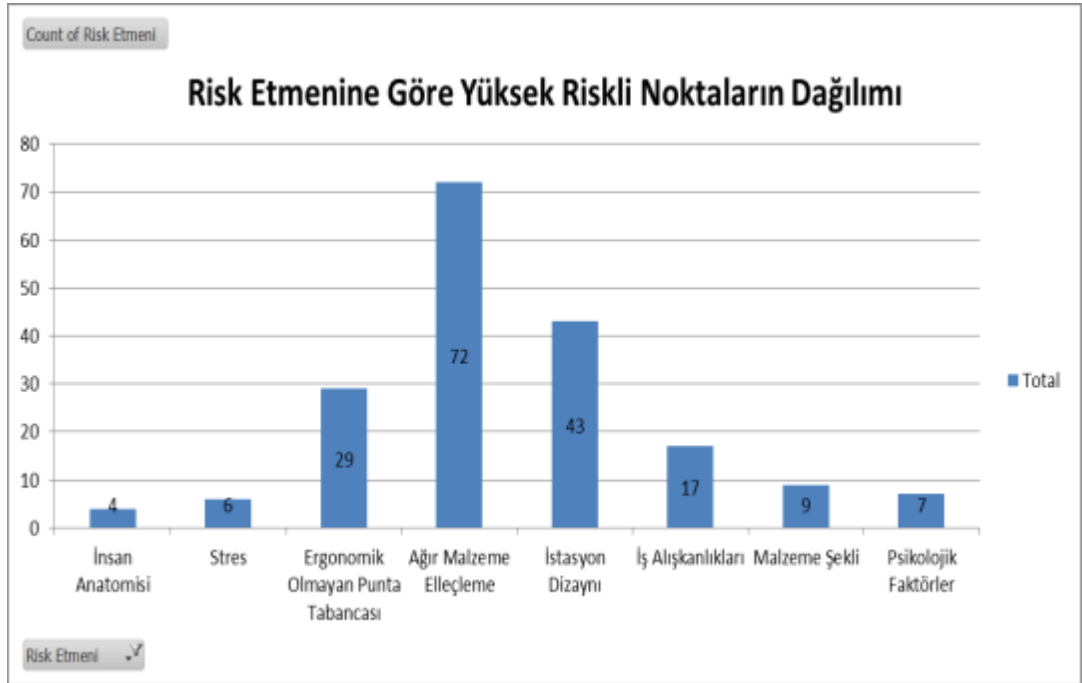
Böylece ilgili prosesin Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirmesi'ne göre ergonomik risk seviyesi belirlenmiş olur.

Bir formda incelenecek iş adımı sayısı, veri giriş formundaki boş satır sayısı değiştirilerek arttırılabilir veya azaltılabilir. Bir sonraki bölümde anlatılacak olan uygulamada, bir formda incelenen veri sayısı standart olarak üç adet şeklinde belirlenmiştir.



Şekil 5.4. Balık kılıcı diyagramı

Kritik x bazında yüksek riskli iş adım sayısı dağılımı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 5.5):



Şekil 5.5. Risk etmenine göre yüksek riskli noktaların dağılımı

Bu üç kritik x incelendiğinde Sue Rodgers'a göre 187 adet yüksek riskli olarak belirlenen proses adımlarının yaklaşık %75'ini kapsamaktadır.

5. UYGULAMA

Proje uygulaması ülkemizin önde gelen otomotiv imalatı yapan A firmasında yapılmıştır. Firma 2001 senesinden bu yana müşteri odaklı altı sigma'yı uygulamaktadır. A firması ülkemizin ilk 500 şirket sıralamasında en üst sıralarda yer alan ve hem içi hem dış pazara araç imalatı yapan bir firmadır. 2014 sonu itibariyle toplam 415 bin adet ticari araç üretim kapasitesiyle Avrupa'da ticari araç üretim merkezi konumunu korumaktadır.

Firma müşteri odaklı 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.

Firmanın altı sigma organizasyonu bünyesinde uzman kara kuşakları ve her departmanda görev yapan kara kuşakları bulunmaktadır. Uzman kara kuşaklar sorumluluk alanlarında yer alan departmanlardaki kara kuşaklarla bağlantılı çalışarak

Altı sigma faaliyetlerini yürütmektedir. Firmanın skor kartında altı sigma önemli bir yer tutmaktadır. Yıl içinde tamamlanması hedeflenen altı sigma proje adedi, yıllık proje kazancı, altı sigma eğitim saati toplamı, yeşil kuşak ve kara kuşak sayısı firmanın skor kartında yer alan metriklerdir. Fabrika skorkartında yer alan bu hedef ayrıca tüm departmanların skor kartlarında da departman hedeflerini gösterir biçimde yer almaktadır.

Konu proje; imalat bölümünde gerçekleştirilmiş bir ergonomik risk azaltım iyileştirme projesidir. Proje kapsamı ve metodu altı sigma yöntemi ile Sue Rodgers ergonomik risk değerlendirme yöntemi entegrasyonudur.

5.1. Seçim Aşaması

Altı sigma projelerinde yapılan projelerin öncelikle müşteri memnuniyetine yönelik olması esastır. Bu nedenle proje konusu belirlenirken müşteri şikayetleri datası 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 üretim hattının Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme yöntemi ile her bir proses adımının ergonomik risk seviyeleri belirlenmiştir (Tablo 5.1). Örnek bir doldurulmuş risk analiz formu Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Proses adımlarının risk seviyelerine göre dağılımı

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

SUE RODGERS ERGONOMİK RİSK ANALİZ FORMU				HARCANAN EFOR	1. HAFİF 2. ORTA 3. AĞIR	EFOR DEVAM SÜRESİ	EFOR FREKANSI	RİSK SEVİYESİ
				1. HAFİF <50%	2. ORTA 50%-70%	3. AĞIR >70%		
MAJÖR CASBAK KAS GRUPLARI	Düşük kuvvet VE uygun çalışma pozisyonu	Düşük kuvvet VE zor çalışma pozisyonu	Yüksek kuvvet VE uygun çalışma pozisyonu	Yüksek kuvvet VE zor çalışma pozisyonu	KRİTİK PROSES ADIMI			
SIRT	Yana eğilmek veya 20 dereceden az öne eğilmek ; geniş esnemek	Yüksek öne eğilmek ; Vücudta yapılag uygun ağırlıkta yük taşımak ; baş seviyesi üzerinde çalışmak	Katranak veya yüksek kuvvet uygulayarak dönmek ; Yüksek kuvvet veya yük 20 dereceden fazla eğilmek ; 75 cm den fazla uzanmak veya 60 dereceden fazla eğilmek	BK31V25090X NOLU PARÇAYI FİC. YÜKLE	9	2	1	8
BOYUN	Başı kısmen kameran yana, öne, arkaya çevirmek	Başı tam yana eğmek ; başı tam arkaya kaldırmak ; 20 dereceden fazla öne eğilmek	Başı ön-arka-yen eğik gergin pozisyonda prosesi 50% si boyunca çalışmak	MANUEL KENEDİ KAPAT	1	2	1	2
OMUZLAR	Kollar hafif vucuttan açık çalışmak ; Kollar dengeli uzatmak	Kollar vucuttan uzak bir şekilde, destekli çalışmak ; Baş seviyesi üzerinde çalışmak	Kollar vucuttan uzaktaki 75 cm üzerinde gergin pozisyonda veya başı üzerinde pozisyonda 50% prosesi süresi boyunca çalışmak	17012 NOLU TABANCA İLE PUNTALA. YAP.	2	3	1	5
KOL VE DİRSEKLER	Kollar gövdeden açık yüksek çalışmak ; hafif kuvvet ve yük kaldırma gövde yanında çalışmak ; uygun tavan tutuşu	Orta kuvvetle kolu çevirmek	Yüksek kuvvetle kolu çevirmek ; may perçinler	BK31V25090X NOLU PARÇAYI FİC. YÜKLE	2	2	1	4
BİLEKLER ELLER PARMAKLARI	Düşük kuvvetle (baş parmakla, işaret orta parmakla basma, eller yere basma tutma) veya vucutta yakın bilekler düz pozisyonda taşıma ve vucut dışı tutuş	Geniş veya dar parçayı tutma ; açılı (orta) dirsek poz. çalışmak, özellikle öne eğilmiş bilek ; orta kuvvetle eleman kullanmak	Zayıf tutuş ; yüksek dirsek açılarında çalışmak ; kaygan yüzeyler ; eleman kullanmak	MANUEL KENEDİ KAPAT	1	2	1	2
BACAKLAR VE DİZLER	Eğilmekten düz ayakta durmak ; Kuvvetli ; çili ayak üzerinde kuvvet binişli düşük kuvvet ve yavaş çalışmak pozisyonunda bina, çökmek	Yüzey üzerine öne-yana eğilmek ; ağırlık tes tarafta çalışmak ; orta kuvvetle zor pozisyonda işme çökmek ; düzlike diz çökmek	Yüksek kuvvetle işme, çökmek ; Düzlike diz çökmek	BK31V25090X NOLU PARÇAYI FİC. YÜKLE	3	2	1	8
AYAK BİLEKLERİ AYAK PARMAKLARI	Ayakta durmak veya yana eğilmek ; Çili ayak üzerinde uygun ayak içi-çölünde tutulmak	Vucudu ayakla 90 derece çevirmek ; yük tek ayak üzerinde vucudu çevirmek ; 15 cm üzerinde basamak çıkarmak	Araç içinde oturmak ; çökmek veya kalkışta oturmak ; diz çökmek	MANUEL KENEDİ KAPAT	1	2	1	2
				17012 NOLU TABANCA İLE PUNTALA. YAP.	1	1	1	2

Şekil 5.1. Doldurulmuş Sue Rodgers risk analiz değerlendirme formu

Örnek olarak, doldurulmuş olan bu formda incelenen ilk iş adımı şudur:
“BK31V25090 nolu parçayı fikstüre yüklemek”

İş adımı gözlemlenerek değerlendirildiğinde vücut bölgelerine göre risk seviyesi şu şekilde çıkmıştır (Tablo 5.2)

Tablo 5.2. “BK31V25090 nolu parçayı fikstüre yüklemek” risk değerlendirmesi

VÜCUT BÖLÜMLERİ	HARCANAN EFOR	EFOR DEVAM SÜRESİ	EFOR FREKANSI	RİSK SEVİYESİ
SIRT	3	2	1	8
BOYUN	2	2	1	4
OMUZLAR	2	2	1	4
KOL VE DİRSEKLER	2	2	1	4
BİLEKLER ELLER PARMAKLAR	3	2	1	8
BACAKLAR VE DİZLER	3	2	1	8
AYAK BİLEKLERİ AYAK PARMAKLARI	1	2	1	2

5.2. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasında amaçlananlar şunlardır:

- Müşterilerin belirlenmesi
- Müşteri ihtiyaç ve taleplerinin belirlenmesi

- Proje hedefinin tanımlanması
- Proje kapsamının belirlenmesi

Müşterilerimiz, ergonomik şikayet bildirimleri ile aynı zamanda iş gücümüzü oluşturan mavi yakalı çalışanlarımız olmuştur.

Müşteri ihtiyacı ise Sue Rodgers Ergonomik Risk Değerlendirme yöntemine göre belirlenmiş olan risk seviyesi yüksek proseslerin ve adımlarındaki risklerin minimuma indirgenmesidir.

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

Buna göre proje kapsamı olarak yeni üretim 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:

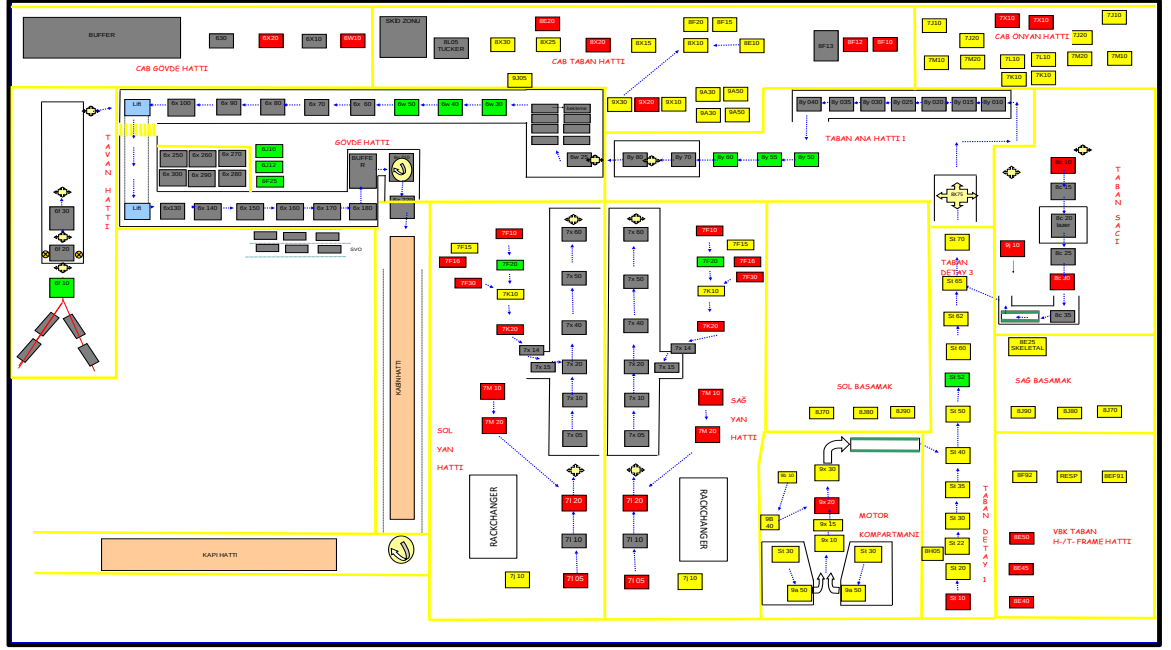
Problem Tanımı: Yeni kurulan üretim hattında yüksek risk içeren 187 adet proses adımı mevcuttur. Bu rakam toplam proses adımlarının 27%'sini oluşturmaktadır.

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 üretim hattı prosesleri

187 adet yüksek riskli noktalar istasyon bazlı hattın ergonomik layoutu oluşturularak işlenmiştir (Şekil 5.2):



Şekil 5.2. Mevcut durum ergonomik layout

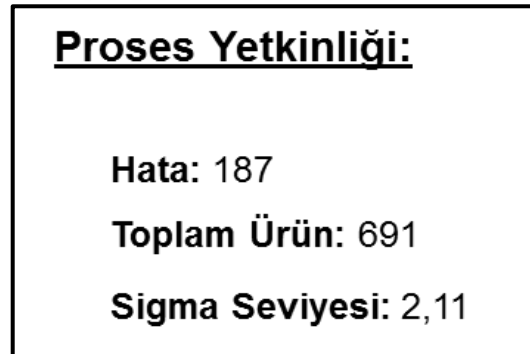
Gri renk otomatik hatları, kırmızı renk yüksek riskli istasyonları, sarı renk orta riskli istasyonları ve yeşil renk düşük riskli istasyonları belirtmektedir.

5.3. Ölçüm Aşaması

Ölçüm aşamasında şunlar amaçlanmaktadır:

- Mevcut sürece ait verilerin toplanması, ölçümlerin yapılması.
- Mevcut sürecin performansının hedef performans ile karşılaştırılabilmesi için ölçülmesi
- Süreç çıktısını etkileyen girdi değişkenlerinin belirlenmesi

Uygulamanın mevcut proses yetkinliği aşağıdaki gibidir (Şekil 5.3):



Şekil 5.3. Mevcut proses yetkinliği

Ölçüm aşamasının ardından 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,
- Ergonomik olmayan punta tabancaları,
- İstasyon dizaynı,
- Psikolojik faktörler,
- Stres,
- Malzeme boyutu,
- Malzeme cinsi,
- Malzeme şekli,
- İş alışkanlıkları.

5.4. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında amaçlananlar şunlardır:

- Süreç çıktısında değişkenliğe neden olan girdilerin incelenmesi ve önceliklendirilmesi
- Ölçüm aşamasında elde edilen verinin analiz edilerek kök nedenlerin belirlenmesi
- Anahtar süreç girdi değişkenlerinin verilerle doğrulanması

Bu bilgiler ışığında $Y=f(x)$ mantığında belirlenen kritik x’ler aşağıdaki gibidir:

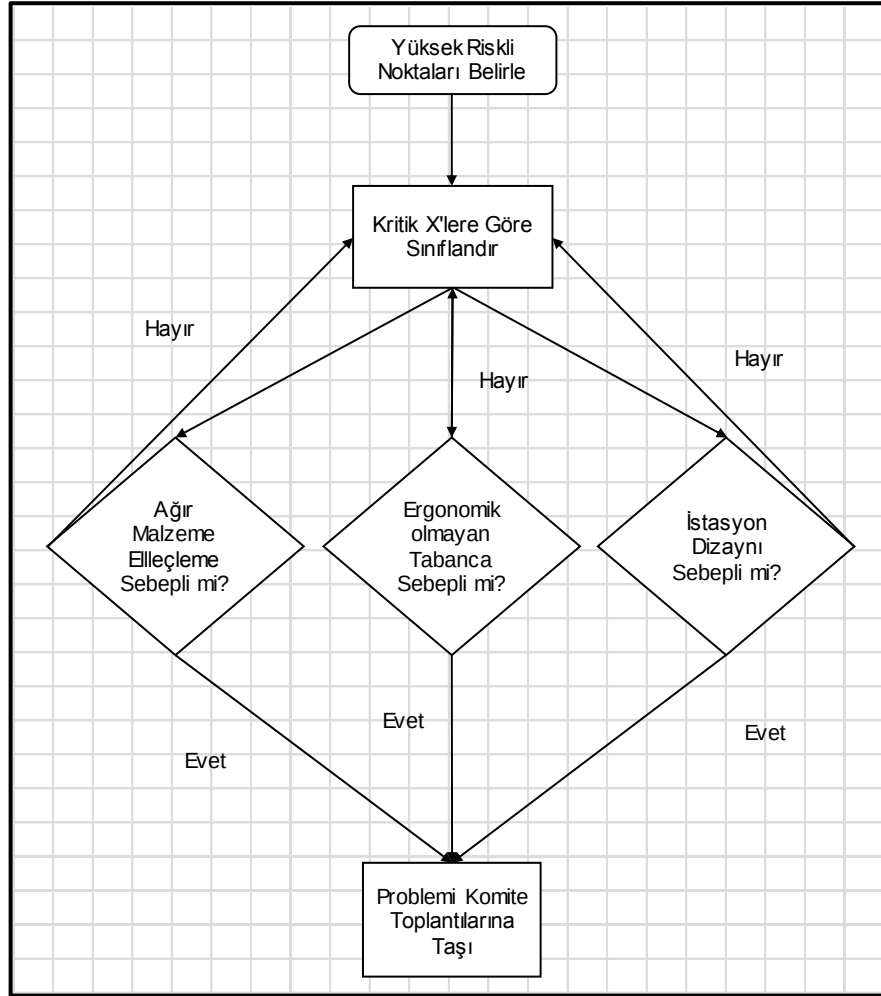
- Ağır malzeme elleçleme: Özellikle yan panel istasyonlarında ağır malzemelerin bir noktadan diğer noktaya taşınması esnasında.
- Ergonomik olmayan punta tabancaları: Büyük ebatlardaki punta tabancalarının kontrolü ergonomik değil.
- İstasyon dizaynı: İş istasyonlarında çalışma şekli ve duruşu ergonomik değil.

Ölçüm aşamasında sebepler belirlendikten sonra oluşturulan balık kılçığı diyagramında, çalışılacak olan kritik x’ler aşağıdaki gibi işaretlenmiştir (Şekil 5.4).

5.5. İyileştirme Aşaması

İyileştirme aşamasında belirlenen kritik x'lere göre çıktı olan $Y=f(x)$ 'teki yüksek risk seviyelerinin belirlenen hedefe göre orta ve düşük risk seviyesine indirgenmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır.

İyileştirme aşamasında 691 iş adımı için uygulanan iş akış şeması şekil 5.6'daki gibidir.



Şekil 5.6. İş akış şeması

Yüksek riskli noktalar analiz aşamasında belirlenen kritik x'lere göre sınıflandırdıktan sonra komite toplantılarına taşınarak yapılacak iyileştirmeler belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar ile ilgili bazı örnekler aşağıdaki gibidir:

- Ağır malzeme elleçleme

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.

Örnek 1: 7L05 dış panel istasyonunda operatörler dış paneli sehpadan elle kaldırıyorlardı. Risk seviyesi 9 idi. Eklenen manipülatör sonrası, panel tek operatörün manipülatörü kontrol etmesi ile kadırılıyor. Risk seviyesi 2'ye indirildi (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Örnek 1 öncesi ve sonrası

Örnek 2: İç panel puntalama istasyonundaki iç panelin fikstüre yüklenmesi iş adımı iki operatör tarafından elle fikstüre yükleniyordu. Risk seviyesi 9 idi. Yapılan ray sistemine kurulan pick-up ekipmanı ile iç panel fikstüre otomatik olarak yükleniyor. Risk seviyesi 1'e indi (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Örnek 2 öncesi ve sonrası

Örnek 3: 7M10 istasyonunda puntalama işlemi bitmiş parçanın fiktürden alınıp sehpaye konulması iş adımı operatör fiktürden parçayı almak için eğiliyordu. Risk seviyesi 9 idi. Fikstüre yapılan piston ünitesi sonrası fikstürde puntalama işlemi biten parça piston vasıtasıyla yere göre 45 derecelik açıya gelecek şekilde kalkmakta ve operatör parçayı eğilmeden el-kol hareketleriyle kavrayabilmektedir. Risk seviyesi 5'e düşürüldü.



Şekil 5.9. Örnek 3 öncesi ve sonrası

Örnek 4: 5E90 kayar kapı istasyonunda operatör kayar kapıyı elleçleyerek aracın gövdesine takıyordu. Manipülatör eklenerek kayar kapının ekipman vasıtası ile aracın gövdesine bağlanması sağlandı. Risk seviyesi 9'dan 1'e düşürüldü.

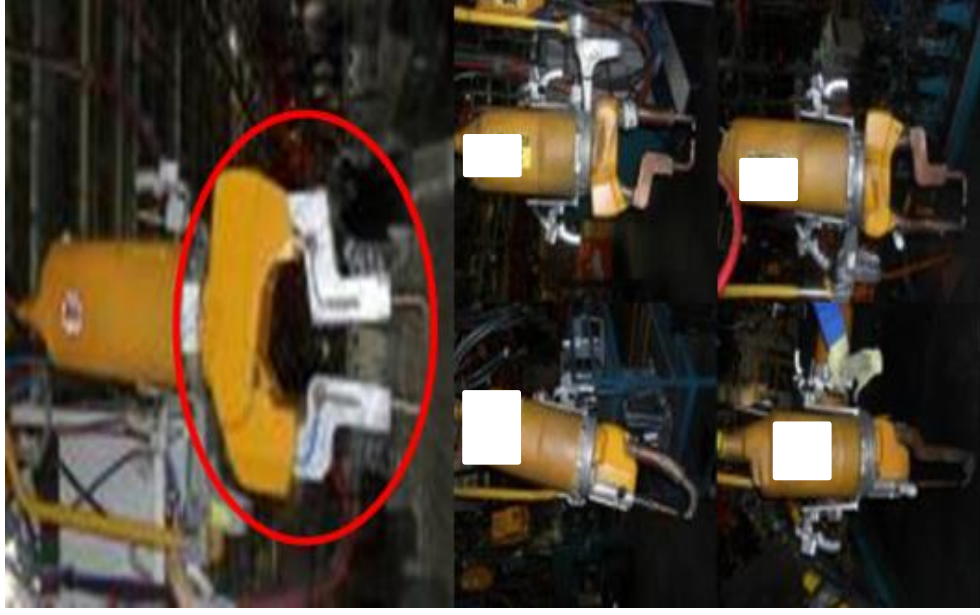


Şekil 5.10. Örnek 4 öncesi ve sonrası

- Ergonomik olmayan punta tabancası

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.

Örnek 5: Taban istasyonlarında 23 manuel puntalama yapma iş adımı kullanılan tabancalar yapılan proseslere göre ağır ve uzun idi. Tabancalar prosesi aksatmayacak şekilde küçük ve kısa olanları ile değiştirildi. Yüksek risk bulunan 23 iş adımı orta ve düşük risk seviyelerine indirildi (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Örnek 5 öncesi ve sonrası

- İstasyon dizaynı

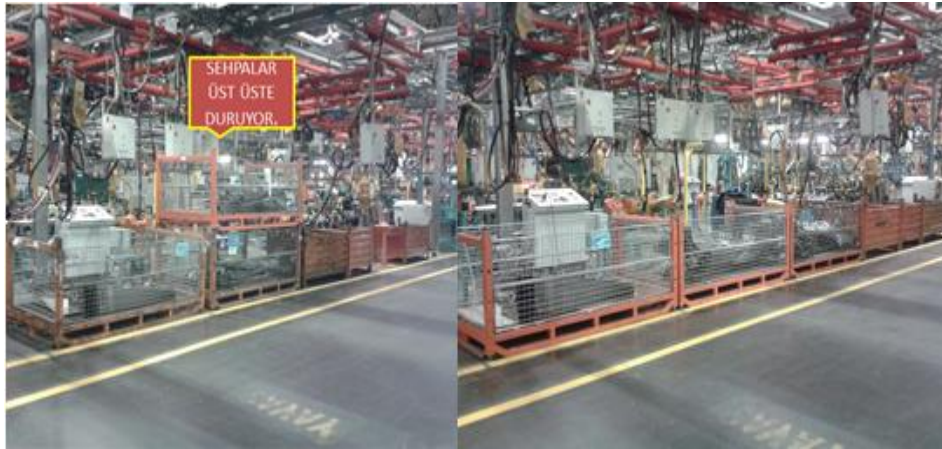
İş istasyonlarındaki çeşitli fiktürlerin konumlanması, tabanaca konumlanması, kenetlerin pozisyonları, sehpa yerleri vs gibi tesis ve ekipman konumlanmaları ile ilgili dizaynsal değişiklikler gerçekleştirildi.

Örnek 6: 7F10 istasyonunda çalışma alanı dar olduğu için çamurluk sehpaları üst üste konuluyordu. Operatör alt sehpadan çamurluğu almak için eğiliyordu. Risk seviyesi 8 idi. Hat düzenlemesi yapılarak alan kazancı sağlandı. Üst üste olan çamurluk sehpaları yan yana konularak dizayn iyileştirmesi yapıldı. Dolayısı ile operatörün çamurluğu eğilmeden yukarıdan alması sağlandı. Risk seviyesi 3'e düşürüldü (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Örnek 6 öncesi ve sonrası

Örnek 7: 7F30 istasyonunda B-Post parçalarının bulunduğu sehpa istasyon dizaynı sebebiyle üst üste duruyor, operatör alt sehpadan parçayı alırken eğiliyordu. Risk seviyesi 8 idi. Fikstür kapanması için iş güvenliği ekipmanı olan çift-el butonunun konumlandırılması değiştirilerek üstteki sehpa için yer açıldı. Sehpalar yan yana konumlandırıldı. Risk seviyesi 2'e indirildi (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Örnek 7 öncesi ve sonrası

Örnek 8: 7K10 istasyonundaki parça taşıyıcı ekipmanın kumanda kablosu kısa idi. Operatör ekipmanı kontrol ederken kolunu 45 derece omuz hizasından kaldırıyordu. Kablo operatörün kolunu omuz hizasına göre yukarı yönde kaldırmayacak şekilde uzatıldı. Risk seviyesi 8'den 3'e düşürüldü (Şekil 5.14).



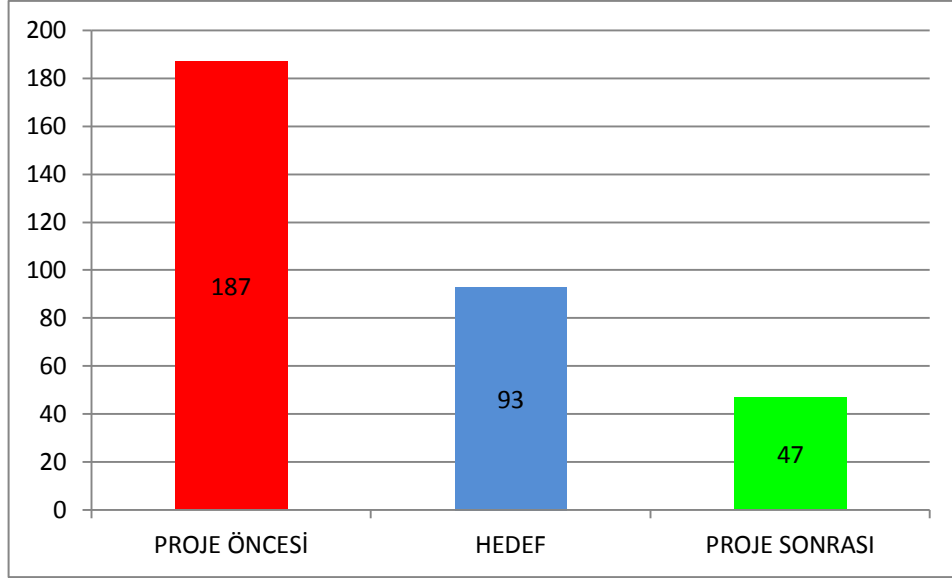
Şekil 5.14. Örnek 8 öncesi ve sonrası

5.6. Kontrol Aşaması

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

Yeni üretim 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.



Şekil 5.16. Proje öncesi durum, hedef ve gerçekleşen durum

Proje sonrası risk seviyesi yüksek proseslerin sayısı 47'ye indirgenmiştir (Şekil 5.16). Proje sonrası proses yetkinliği 3,32 sigma seviyesine çıkartılmıştır (Şekil 5.17):



Şekil 5.17. Proje sonrası proses yetkinliği

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

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.

KAYNAKLAR

- [1] Yüksel G., Altı Sigma Yaklaşımının Hizmet Sektöründe Kullanılması ve Konaklama İşletmelerinde Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2008, 220857.
- [2] Pande P., Holpp L., *What is Six Sigma?*, 1st ed., McGraw-Hill Education Press, New York, 2011.
- [3] Pande P., Neumann R.P., *Six Sigma Yolu*, 2. Baskı, Klan Yayınları, İstanbul, 2004.
- [4] Womack J., Jones D., *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2nd ed., Productivity Press, New York, 2003.
- [5] Işığışok E., *Altı Sigma Kara Kuşaklar için Hipotez Testleri Yol Haritası*, 1. Baskı, Sigma Center Yönetim Sistemleri Yayınları, Bursa, 2005.
- [6] Linderman K., Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective., *Journal of Operations Management*, DOI: 10.1016/S0272-6963(02)00087-6.
- [7] Anthony J., Some Pros and Cons of Six Sigma: An Academic Perspective, *The TQM Magazine*, DOI: 10.1108/09544780410541945.
- [8] Kumar U., Nowicki D., On The Optimal Selection of Process Alternatives in A Six Sigma Implementation, *International Journal Production Economics*, DOI: 10.1016/J.IJPE.2007.02.002.
- [9] Calia R., Guerrini F., The Impact of Six Sigma in The Performance of A Pollution Prevention Program, *Journal of Cleaner Production*, DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2009.05.001.
- [10] Yang T., Hsieh C., Six Sigma Project Selection Using National Quality Award Criteria and Delphi Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Method, *Expert Systems with Applications*, DOI: 10.1016/J.ESWA.2008.09.045.
- [11] Kelly E., Six Sigma Process Utilization in Reducing Door-to-Balloon Time at a Single Academic Tertiary Care Center, *Progress in Cardiovascular Diseases*, DOI: 10.1016/J.PCAD.2010.08.002.
- [12] Hsu Y. Pearn W., Capability Adjustment For Gamma Processes With Mean Shift Consideration in Implementing Six Sigma Program, *European Journal of Operational Research*, DOI: 10.1016/J.EJOR.2007.07.023.
- [13] Rohini R., Mallikarjun J., Six Sigma: Improving the Quality of Operation Theatre, *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, DOI: 10.1016/J.SBSPRO.2011.10.547.

- [14] Firuzan A., Kuvvetli Ü., Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, *Journal of Yasar University*, 2012, **25**(7), 4176-4188.
- [15] Ford Otosan A. Ş., *Müşteri Odaklı Altı Sigma Eğitim Notları*, Ford Otosan Yayınları, Kocaeli, 2001.
- [16] Pande P., Neumann R. P., *The Six Sigma Way Team Fieldbook*, 1st ed., McGraw-Hill Education Press, 2002.
- [17] Erkan N., *Ergonomi (Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik İçin İnsan Faktörü Mühendisliği)*, 1. Baskı, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 2003.
- [18] Hermans V., Peteghem J. V., The Relation Between OHS and Ergonomics, *Applied Ergonomics*, 2006, **37**(4), 451-459.
- [19] Mert Atasoy E., *Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması*, 1. Baskı, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2014.
- [20] Şimşek M., *Mühendislikte Ergonomik Faktörler*, 1. Baskı, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1994.
- [21] Harry M. J., *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, 51634th ed., Crown Business, New York, 2006.
- [22] İncir G., *Çoklu Vardiya Çalışmasının Ergonomik Tasarımı*, 1. Baskı, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 1998.
- [23] Özkul A., Anagün S., *Ergonomi*, 1. Baskı, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları, Eskişehir, 2000.
- [24] Luttmann A., Evaluation of Muscular Strain and Fatigue in Occupational Field Studies Using Long Term EMg Records, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 4, DOI: 10.1177/154193120004402619.
- [25] Jones T., Kumar S., Comparison of Ergonomic Risk Assessments in a Repetitive High-Risk Sawmill, *International Journal of Industrial Ergonomics*, DOI: 10.1016/J.ERGON.2007.05.005.
- [26] Village J., Trask C., Ergonomic Analysis of Postural and Muscular Loads to Diagnostic Sonographers, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2007, DOI: 10.1016/j.ergon.2007.06.005.
- [27] David C., Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Occupational Medicine*, DOI: 10.1093/OCCMED/KQI082.

- [28] Pinzke S., Kopp L., Marker-Less Systems for Tracking Working Postures-Results from Two Experiments, *Applied Ergonomics*, DOI: 10.1016/S0003-6870(01)00023-0.
- [29] Marras S., Karwowski W., *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics*, 2nd ed., CRC Pres, Florida,USA, 2006.
- [30] Rodgers S., A Functional Job Evaluation Technique, *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*, 1992, 7(4), 679-711.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Durmuşoğlu B. A.**, Aydın Keskin G., Altı Sigma Yöntemi ile İmalat Sektöründe Ergonomik Risk İndirgeme Uygulaması, *SDÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2015, **3**(3), 285-292.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlköğrenimini Gölcük Değirmendere Uğur Mumcu İlköğretim Okulu’nda, ortaöğrenimini ise İstanbul Kuleli Askeri Lisesi’nde tamamladı. 2009 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü’nden 2013 yılı Haziran ayında lisans öğrenimini tamamlayarak, Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2013 yılında Ford Otosan’da iş hayatına başlamıştır. 2013 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir. Çok iyi derecede İngilizce ve az derecede Almanca bilmektedir.