

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ERGONOMİK RİSKLER VE
RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ: CIVATA
FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE

Hazırlayan
Sami SEVER

MALATYA-2020

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI

**ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ERGONOMİK RİSKLER VE RİSK
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ: CIVATA FABRİKASINDA BİR
UYGULAMA**

SAMİ SEVER

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSTAFA DESTE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MALATYA 2020

ONUR SÖZÜ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE danışmanlığında hazırladığım “Üretim Süreçlerinde Ergonomik Riskler ve Risk Değerlendirme Yöntemleri: Cıvata Fabrikasında Bir Uygulama” isimli çalışmayı etik ilkelere uygun olarak hazırladığımı, bana ait olmayan düşünceler için kaynak gösterdiğimi beyan ederim.



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca çalışmalarımda yol gösterici olan, her konuda rehberlik eden, emeğini esirgemeyen ve her daim hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE'ye

Tezin hazırlanabilmesi için fabrikanın kapılarını açan fabrikanın genel müdürü sayın Mahmut BİLGİÇ Bey'e

Değerli fikirleri ile fabrika içerisinde yol gösteren fabrikanın üretim müdürü sayın Ahmet KARABEY'e

Fabrika hakkında ihtiyaç duyulan her türlü bilgiyi içtenlikle paylaşan insan kaynakları müdürü sayın Mustafa TEKEDERELİ'ye

Sorumlusu olduğu bölümde ihtiyaç duyulan her türlü veriyi ve bilgiyi samimiyetle paylaşan sayın Fikret DÜZENLİ'ye

Fabrika ortamında büyük bir misafirperverlikle karşılayan fabrika çalışanlarına

Lisansüstü Tez Projeleri kapsamında verilen SYL-2019-1771 nolu projeye maddi destekten dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

Tezimle ilgili düzenlemelere yardımcı olan ve her daim desteğine ihtiyaç duyduğum sevgili eşim Necla SEVER'e

Hayatımın her anında maddi ve manevi desteği ile yanımda olan aileme

İlham kaynağım kızım Ahsen İnci SEVER'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Üretim Süreçlerinde Ergonomik Riskler ve Risk Değerlendirme Yöntemleri: Cıvata

Fabrikasında Bir Uygulama

Sami SEVER

İnönü Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

83 + xiv sayfa

2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE

Günümüzde insan üretim faktörlerinin en önemli parçası konumundadır. Bu nedenle, insanın işe işin insana uyumunu amaçlayan ergonomi üretim süreçlerinde verimliliğin artırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle emek yoğun işletmelerde, ergonomik faktörlerin dikkate alınmaması, çalışan verimliliğini olumsuz etkilemekle birlikte çalışanlarda kalıcı mesleki hastalıklara sebep olabilmektedir. Bu çerçevede işletmelerde ergonomik risklerin ortadan kaldırılması, çalışanların performans ve verimlilikleri üzerinde son derece önemlidir.

Bu çalışmada, bir işletmede ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak süreçlerin analiz edilmesi ve çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Malatya 2. Organize Sanayiinde bağlantı elemanları sektöründe faaliyet gösteren bir fabrika uygulama yeri olarak seçilmiştir. Cıvata üretimi yapan fabrikada ana süreçlerden birisi olan tel çekme bölümü çalışmanın odak noktasını oluşturmuştur. Bu çerçevede öncelikle bölüm sorumlusu ve çalışanlarla derinlemesine mülakatlarla mevcut durum analizi gerçekleştirilmiş, yerleşim planı detaylı bir şekilde incelenmiş, fabrika ortamında aksiyon kameraları ile farklı açılardan, çeşitli zamanlarda yaklaşık 36 saat süreyle süreçlerin görüntü kaydı yapılmış ve tel çekiminde kullanılan makinelerin detaylı iş akış şemaları oluşturulmuştur. Çalışanların duruş pozisyonlarına ilişkin açı değerleri Dartfish paket programı yardımıyla hesaplanmıştır. Tüm bu elde edilen veriler çerçevesinde tel çekme bölümündeki çalışanların kas ve iskelet sistemlerinde zorlanmalara neden

olabilecek 55 süreç literatürde sıkça kullanılan REBA, RULA ve QEC yöntemleri aracılığıyla analiz edilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda özellikle kalın çapta tel çekimi yapan makinedeki görevlerin büyük çoğunluğunun çok yüksek risk ve yüksek risk grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. Ergonomik açıdan riskli olduğu tespit edilen görevler için iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, Ergonomik Risk, Ergonomik Risk Değerlendirme



ABSTRACT

Master Thesis

Ergonomic Risks and Risk Assessment Methods in Production Processes: An
Application in the Bolt Factory

Sami SEVER

Inonu University

Institute of Social Sciences

Department of Business Administration

83 + xiv pages

2020

Advisor: Assist. Assoc. Dr. Mustafa DESTE

Today, it is the most important part of human production factors. For this reason, ergonomics plays an important role, aiming the harmony of work to people and people to work. Especially in labor-intensive businesses, neglecting ergonomic factors negatively affects employee productivity and causes permanent occupational diseases in employees. In this context, the elimination of ergonomic risks in the enterprises is extremely important on the performance and productivity of the employees.

In this study, it is aimed to analyze processes and offer solutions by using ergonomic risk assessment methods in an enterprise. In this context, a factory operating in the fasteners sector in Malatya 2nd Organized Industry was chosen as a place of application. Wire drawing section, which is one of the main processes in the factory that produces bolts, was the focal point of the study. In this framework, the current situation analysis was carried out primarily with in-depth interviews with department managers and employees, the layout plan was examined in detail, the process was recorded for approximately 36 hours at various times with action cameras in factory environment and detailed work flow charts of the machines used in wire drawing were created. Angle values of the employees' posture positions were calculated with the help of Dartfish package program. Within the framework of all these data, 55 processes that can cause difficulties in the muscle and skeletal systems of the wire drawing department have been

analyzed through REBA, RULA and QEC methods, which are frequently used in the literature.

As a result of the analysis, it was determined that the vast majority of the tasks in the machine, especially those with thick wire drawing, are in the very high risk and high risk group. Improvement recommendations for tasks found to be ergonomically risky have been presented.

Keywords: Ergonomic, Ergonomic Risk, Assesment of Ergonomic Risk



İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR.....	xiv
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

İŞLETMELERİNDE ERGONOMİ VE ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ERGONOMİK RİSKLER

1.1. Ergonominin Tanımı ve Kavramsal Çerçevesi.....	4
1.1.1. Ergonominin Tarihsel Gelişimi	6
1.1.2. Ergonominin Çeşitleri.....	8
1.1.2.1. Bilişsel Ergonomi	8
1.1.2.2. Fiziksel Ergonomi.....	8
1.1.2.3. Örgütsel Ergonomi.....	9
1.1.2.4. Yeşil Ergonomi	9
1.2. Üretim Süreçlerinde Ergonomik Riskler	10
1.2.1. İşletme Açısından Riskler.....	10
1.2.2. Çalışanlar Açısından Riskler	11

İKİNCİ BÖLÜM

ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

2.1. Literatür İncelemesi	14
2.2. Araştırmada Kullanılan Yöntemler.....	17
2.2.1. REBA.....	17

2.2.2. RULA	24
2.2.3. QEC	30

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

CIVATA FABRİKASINDA ERGONOMİK RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi	36
3.2. Araştırmanın Yöntemi ve Kısıtları	37
3.3. Mevcut Durum Analizi	38
3.4. Risklerin Değerlendirilmesi	47
3.4.1. Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Sonuç Değerlendirmesi	65
3.5. Genel Değerlendirme ve İyileştirme Önerileri	69
SONUÇ	75
KAYNAKÇA	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ergonomi Bilim Alanının Grafik Tanımı.....	5
Şekil 1.2. Verimliliğe Giden Yollar	12
Şekil 2.1. REBA Yöntemi Grup A Puanlaması.....	20
Şekil 2.2. REBA Yöntemi Grup B Puanlaması.....	21
Şekil 2.3. REBA Yöntemi Puanlama Diyagramı	23
Şekil 2.4. RULA Yöntemi Grup A Puanlaması	26
Şekil 2.5. RULA Yöntemi Grup B Puanlaması.....	27
Şekil 2.6. RULA Yöntemi Puanlama Diyagramı	29
Şekil 2.7. QEC Yöntemi Kontrol Listesi.....	33
Şekil 3.1. Uygulama Modeli.....	38
Şekil 3.2. Tel Çekme Bölümü Yerleşim Planı	40
Şekil 3.3. Kullanılan El Aletleri ve Malzemeler	41
Şekil 3.4. Geliştirilen Değerlendirme Formu	48
Şekil 3.5. Tel Bağını Üstten Kesme İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	49
Şekil 3.6. Filmaşın Ucunu Doğrultma İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	51
Şekil 3.7. Hadde Çağına Uygun Teli Doğrultma İşlemi Değerlendirme Sonuçları	52
Şekil 3.8. Telin Ucuna Kaynak Yapma İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	54
Şekil 3.9. Tel Bağının Kesimi İşlemi Değerlendirme Sonuçları	55
Şekil 3.10. Hadde Yuvasının Sökülme-Takılma İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	57
Şekil 3.11. Tel Ucunun İnceltme İşlemi Değerlendirme Sonuçları	58
Şekil 3.12. Telin Haddeden Geçirilme İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	60
Şekil 3.13. Çektirmenin Takılması-Sökülmesi İşlemi Değerlendirme Sonuçları	61
Şekil 3.14. Tel Ölçüsünün Alınma İşlemi Değerlendirme Sonuçları.....	63
Şekil 3.15. Makine Bazında Risk Dağılımları.....	69
Şekil 3.16. Görevlerin Ortalama Risk Dağılımları.....	70
Şekil 3.17. Tel Bağının Makasla Kesilme İşlemi İyileştirme Önerisi.....	71
Şekil 3.18. Hadde Çapına Uygun Telin Doğrultma İşlemi İyileştirme Önerisi	71
Şekil 3.19. Hurda Tellerinin Toplanması İşlemi İyileştirme Önerisi	72
Şekil 3.20. Dolan Sepetin Transpaletle Kaldırılması İşlemi İyileştirme Önerisi	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Basit Gözlemsel Değerlendirme Araçları	16
Tablo 2.2. REBA Yöntemi Yük/Kuvvet Puanlaması	22
Tablo 2.3. REBA Yöntemi Yük Kavrama Puanlaması.....	22
Tablo 2.4. REBA Yöntemi Hareket Puanlaması.....	22
Tablo 2.5. REBA Yöntemi Grup A-B Vücut Bölümleri Puanlaması	22
Tablo 2.6. REBA Yöntemi Genel Puanlama	23
Tablo 2.7. REBA Yöntemi Eylem Seviyeleri	24
Tablo 2.8. RULA Yöntemi Grup A Vücut Bölümleri Puanlaması	28
Tablo 2.9. RULA Yöntemi Grup B Vücut Bölümleri Puanlaması	28
Tablo 2.10. RULA Yöntemi Genel Puanlama	28
Tablo 2.11. RULA Yöntemi İlave Puanlama.....	29
Tablo 2.12. RULA Yöntemi Eylem Seviyeleri.....	29
Tablo 2.13. QEC Yöntemi Maruziyet Puanı Çizelgesi.....	34
Tablo 2.14. QEC Yöntemi Eylem Seviyeleri.....	35
Tablo 3.1. Sembol Tanımları	42
Tablo 3.2. 700'lük Makine İş Akış Şeması.....	42
Tablo 3.3. 1000'lik Makine İş Akış Şeması.....	44
Tablo 3.4. Altı Kafa Makine İş Akış Şeması	45
Tablo 3.5. Son Çekim Makine İş Akış Şeması	46
Tablo 3.6. Görevlerin Risk Değerlendirme Yöntemlerindeki Puan Dağılımları	64
Tablo 3.7. Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Puanlarına Göre Risk Seviyeleri	65
Tablo 3.8. Sonuç Değerlendirmesi.....	66
Tablo 3.9. Risk Seviyelerine Göre Makinelerdeki Görev Sayıları	68

KISALTMALAR

- WERA** : İş Yeri Ergonomik Risk Değerlendirmesi (Workplace Ergonomic Risk Assessment)
- SI** : Zorlanma Endeksi (Strain Index)
- RULA** : Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assessment)
- REBA** : Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment)
- RAMP** : Proaktif Elle İşleme için Risk Değerlendirme ve Yönetim Aracı Risk (Assessment and Management Tool for Manual Handling Proactively)
- QEC** : Hızlı Maruziyet Değerlendirme (Quick Exposure Check)
- PLIBEL** : Yük Faktörlerini Belirleme Planı (Plan for Identifying and Belastningsfaktorer)
- PATH** : Duruş, Aktivite, Araçlar ve Kullanım (Posture, Activity, Tools and Handling)
- OWAS** : Ovako Çalışma Duruş Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System)
- OCRA** : Mesleki Tekrarlı Eylem Endeksi (Occupational Repetitive Action Index)
- LUBA** : Üst Vücut Değerlendirmesinde Postüral Yükleme (Postural Loading on the Upper Body Assessment)
- KIM** : Anahtar Gösterge Yöntemi (Key Indicator Method)
- HARM** : El Kol Risk Değerlendirme Yöntemi (The Hand Arm Risk Assessment Method)
- HAL** : El Aktivite Düzeyi (Hand Activity Level)
- CTD** : Kümülatif Travma Bozuklukları (Cumulative Trauma Disorders)
- ART** : Tekrarlanan Görevlerin Değerlendirilmesi (Assessment of Repetitive Tasks)
- DSÖ** : Dünya Sağlık Örgütü
- TRAC** : Bilgisayarda Görev Kaydı ve Analizi (Task Recording and Analysis on Computer)
- HARBO** : Vücuda Göre Eller (Hands Relative to the Body)
- PEO** : Taşınabilir Ergonomik Gözlem Yöntemi (Portable Ergonomic Observation Method)
- AC** : Eylem Seviyesi (Action Category)
- KİSR** : Kas ve İskelet Rahatsızlığı
- E** : Maruziyet Seviyesi (Exposure Level)

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler gün geçtikçe üretim süreçlerindeki makine ve robot kullanımını artırmaktadır. Fakat üretim süreçlerinde teknoloji kullanımını hangi düzeyde olursa olsun insan, üretim sürecinin önemli bir bileşenidir. Bununla birlikte Türkiye’de teknolojik gelişmelerin sanayiye yansımaları yavaş olmaktadır. Bu nedenle imalat sektöründe faaliyet gösteren birçok işletmede iş gücüne dayalı üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Emeğin yoğun olduğu işletmelerde, ergonomik faktörlerin dikkate alınmaması, çalışan verimliliğini olumsuz etkilemekte ve çalışanlarda kalıcı mesleki hastalıklara sebep olabilmektedir. Çalışma ortamının fiziki koşulları, ekipmanın niteliği, iş istasyonlarının düzeni, iş yerinin işçi sağlığı ve güvenliği açısından durumu, çalışanın verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Fabrikalarda iyileştirilmeye açık, fakat ergonomik açıdan detaylı bir inceleme yapılmadığından tespit edilemeyen birçok nokta var olabilmektedir. Bu noktaların tespit edilerek iyileştirilmesi sonucunda çalışanla çalışma ortamı arasındaki uyum ve iş yerindeki verimlilik artırılabilir.

Ergonomi uygulamalarının verimliliğe etkisinin içerisinde iş kazalarının önlenmesi de yer almaktadır. Kazaların şiddeti ne ölçüde olursa olsun çalışanlar ve çalışan yakınları bu tür durumlarda psikolojik veya fizyolojik olarak olumsuz etkilenebilmektedir. Fabrika ortamında meydana gelen iş kazaları, işlerin aksamasına, diğer çalışanların moral ve motivasyonlarının azalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca iş verenler açısından da önemli maddi kayıplarla sonuçlanabilmektedir. Yaşanan iş kazaları sonucunda bireysel ve toplumsal olarak maddi-manevi büyük kayıpların oluşması ergonominin bu alandaki katkısını daha da değerli kılmaktadır.

Bütün bunlar düşünüldüğünde işletmelerde ergonomik risklerin ortadan kaldırılmasının, çalışanların performansları ve verimlilikleri üzerinde önemli bir role sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu risklerin belirlenebilmesi ve ortadan kaldırılabilmesi işletmeler açısından kolay bir süreç değildir. Literatürde yer alan yöntemlerin kullanılması için faaliyetlerin tek tek incelenerek analiz edilmesi gerekmektedir. Bu da uzun bir gözlem süreciyle ve detaylı bir çalışmayla olabilecek bir durumdur. Bu tez çalışmasında söz konusu fabrika için farklı risk değerlendirme

yöntemleri kullanılarak çalışanlar üzerindeki ergonomik riskler belirlenmiş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Araştırma kapsamında, Malatya 2. Organize sanayinde cıvata imalatı yapan bir fabrikada tel çekme bölümündeki çalışanlarda kas ve iskelet zorlanmasına sebep olan süreçleri, ergonomik risk değerlendirme yöntemleri aracılığıyla incelemek, ergonomik açıdan riskli uygulamaları belirlemek ve bu uygulamaların iyileştirilmesine yönelik öneriler sunmak çalışmanın ana amaçları arasında yer almaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde ergonomi kavramı için yapılan tanımlamalara, ergonomi kavramının tarihsel gelişimine, ergonominin gelişiminde pay sahibi olan çalışmalara, ergonominin çeşitlerine ve ana hatlarıyla üretim süreçlerindeki ergonomik risklerin neler olduğuna yer verilmiştir. Literatürde yer alan farklı kategorilerdeki ergonomik risk değerlendirme yöntemlerine ilişkin genel bilgiler ve çalışmanın uygulama kısmında kullanılan REBA, RULA ve QEC yöntemleri hakkında detaylı bilgiler ikinci bölümde verilmiştir. Üçüncü bölümünde ergonomik risk analizi uygulaması başlığı altında çalışmanın amacı, önemi ve kapsamına değinilerek sektör ve fabrika hakkında genel bilgilere, mevcut durum analizine, risklerin belirlenmesine ve iyileştirme önerilerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise ulaşılan sonuçlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İŞLETMELERİNDE ERGONOMİ VE ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ERGONOMİK RİSKLER

Ergonomi, insanların karmaşık sistemlerdeki rolüne, insan kullanımına yönelik ekipman ve tesislerin tasarımına, çevresel konforun ve güvenliğin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Dolayısıyla ergonomi işletmelerin tesis yerleşim planından, ürününün son tüketiciye ulaşmaya kadar olan bütün süreçlerinde az veya çok yer alabilmektedir. Ergonomi uygulamalarını bünyesinde barındıran işletmeler etkinlik, verimlilik gibi çeşitli yararlar sağlayarak günümüz rekabet ortamında avantajlı konumda yer alabilmektedirler. Ergonomi uygulamaları ürün tasarımına, üretime veya çalışana yönelik olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ürün tasarımına yönelik olduğunda, ergonominin temel işlevi ürünü daha kullanışlı kılmaktır. Daha kullanışlı bir ürün ise işletmenin müşteri memnuniyetini ve diğer faktörlere bağlı olarak pazar payını artırabilmektedir. Ürün tasarımının aksine, üretime yönelik olduğunda çalışanların güvenliği ve sağlığının yanı sıra, şirketin verimliliğini, kalitesini ve karlılığını artıracak süreci tasarlamakla ilgilenebilir. Çalışana yönelik olduğunda ise ergonomi uygulamalarının temel hedefi, çalışanın sağlık ve güvenliği olmaktadır. Özellikle imalat işletmelerinde üretim süreçlerine yönelik ergonomi uygulamalarında en büyük hedef kaliteyi, verimliliği ve karlılığı artırmaktır (Karwowski ve Gavriel, 1998).

Bir işin yapılması esnasında öngörülen veya öngörülmeyen, bilinen veya bilinmeyen birtakım riskler ve tehlikeler vardır. Söz konusu riskler ve tehlikeler, çevre, işçi, üretim ve üretim araçları için tehdit unsurudur. Ortaya çıktığında da telafisi mümkün olmayan sonuçlar doğurabilir www.ekart.com.tr (05.11.2019). Çalışanlarda kas ve iskelet sistemi rahatsızlığına sebep olabilecek ergonomik riskler şunlardır (Esen ve Fırlı, 2013):

- Çalışma istasyonlarının düzensiz yerleşimi,
- Uygun olmayan araç ve ekipman,
- Tekrarlanan işler,
- Mola yetersizliği,
- İşin hızı,

- Çalışma ortamının çevresel durumu (sıcaklık, nem, aydınlatma, titreşim),
- Yüksek güç talebi,
- Organizasyon yetersizliği,
- Zaman baskısı,
- Çalışanın fiziksel kapasitesi.

1.1. Ergonominin Tanımı ve Kavramsal Çerçevesi

Ergonomi, Yunanca ergo(iş) ve nomos(kurallar) kelimelerinden türetilmiştir (Helander, 2006). Ergonomi kelimesi bilimsel literatürde, bilindiği kadarıyla, ilk defa Polonya’da 1857 yılında “Doğa ve Endüstri” isimli haftalık bir dergide Wojciech Jastrzebowski tarafından yazılan “Rys Ergonomji Czyli Nauki O Pracy, Oparteż Na Prawdach Poczerpniętych Z Nauki” (Hakikatlere Dayanan Doğa Bilimleri Çekirdekleri, Ergonomi) başlıklı makalede kullanılmıştır (Babalık, 2016). Ergonomi terimi dünyanın çeşitli yerlerinde farklı terimlerle ifade edilmektedir; Amerika’da “Human Factor Engineering”, “Human Engineering”, İskandinav ülkelerinde, “Biotechnology”, İngiltere’de “Applied Psychology”, Almanya’da “Arbeit Phsiology”, “Biodynamics”, “Biomechanics” terimleri kullanılmaktadır. Ancak uluslararası alanda en çok kullanılan terim “Ergonomidir”, Türkiye’de ergonomi terimi yerine “İşbilim” terimi de kullanılmaktadır (Sabancı, 1999). Farklı kaynaklarda yapılan detaylı ergonomi tanımları aşağıda verilmiştir.

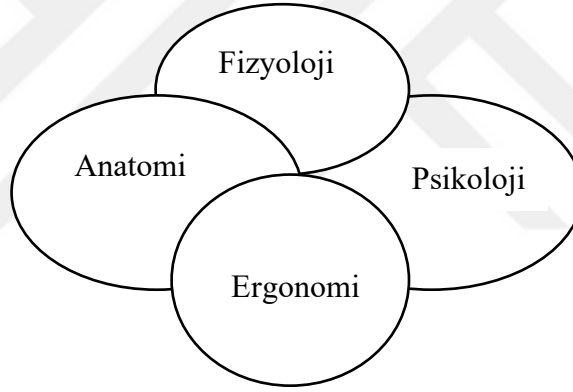
Uluslararası Ergonomi Derneği’ne göre ergonomi, “İnsanlar ile sistemin diğer unsurları arasındaki etkileşimlerin anlaşılmasıyla ilgilenen, insan refahını ve genel sistem performansını optimize etmek için teori, ilke, veri ve yöntemlere başvuran bilimsel bir disiplindir” (IEA, 2019).

Ergonomi “özellikle iş gören ile teknik işlem arasındaki ilişkiyi inceleyen; sayılar ve birimlere dayanarak iş ve iş yeri düzenlemelerini yapan; ana amacı insanın özellikleri ve istekleri, beklentilerine uygun iş düzenlemeleri gerçekleştirmek olan uygulamaya yönelik bir bilim dalıdır” (Babalık, 2016).

Ergonomi, “operatör yorgunluğunu ve rahatsızlığını azaltarak, verimliliği en üst düzeye çıkarmayı planlayan, iş yerleri için ekipman tasarımı yapan uygulamalı bir bilimdir” (Hollnagel, 1997).

Ergonomi, “çalışma ortamının çalışan üzerinde psikolojik ve fiziksel etkilerini inceleyen bir disiplindir”. Ergonomi prensipleri; işlemleri hızlandırmak ve kolaylaştırmak amacıyla iş alanlarının tasarımında, makineler ve bu makineleri kullanacak olan operatörler arasındaki görev dağılımını içeren iş metotlarının düzenlenmesinde kullanılmaktadır” (Baykasoğlu ve Demirkol Akyol, 2014).

Ergonomi, “çalışanların biyolojik, psikolojik özelliklerini ve kapasitelerini göz önünde bulundurarak, insan-makine-çevre uyumunun tabii ve teknolojik yasalarını ortaya koyan çok disiplinli bir bilim dalıdır” (Kaya, 2008).



Şekil 1.1. Ergonomi Bilim Alanının Grafik Tanımı (Kaya, 2008)

Başka bir tanıma göre ergonomi, “insan ile kullanılan makine ve çalışma ortamı arasındaki uyumu disiplinler arası bir yaklaşımla bilimsel olarak inceleyen bir bilim dalıdır” (Su, 2001).

Ergonomi, “işyerlerini, ürünleri ve sistemleri, onları kullanan insanlara uyacak şekilde tasarlama veya düzenleme sürecidir” www.ergonomics.com.au (20.11.2019).

Ergonomi kısaca “insan için güvenlik, sağlık, konfor ve performansı artıracak şekilde cihazları, teknik sistemleri ve görevleri tasarlamayı amaçlamaktadır” (Dul ve Weerdmeester, 2008).

Tanımlara bakıldığında ergonomi bilimi iki ana yönü vurgulamaktadır; biri işteki insanın durumunu, diğeri de işin sonuçları veya çıktıları. Bu iki yönde açıkça birbirine bağlıdır. Örneğin sonucun çıktının kalitesi (maksimumu verimlilik gibi), sonucu hazırlayan çalışanın çalışma kalitesi olmadığında kolay kolay gerçekleşmez. Bu doğrultuda ergonomi bilimini karakterize eden ve diğere uygulamalı alanlardan ayıran birkaç temel ilke vardır. Bunlar (Sanders ve McCormick, 1993):

- İnsanların kullanımı için üretilen eşyaların, makinelerin daima kullanıcıyı göz önünde bulundurularak tasarlanması,
- İnsan yetenekleri ve sınırlamalarındaki bireysel farklılıkların tanınması ve tasarımlarda bu farklılıklara yer verilmesi,
- Nesne tasarımının ve prosedürlerin insan davranışını ve refahını etkilediğine inanılması,
- Tasarım sürecinde ampirik verilere ve değerlendirmelere önem verilmesi,
- Hipotezleri test etmek ve insan davranışı hakkında temel veriler üretmek için bilimsel yöntem ve nesnel verilerin kullanılmasına güvenilmesi,
- Prosedürlerin, çevrenin tanınması için sistem oryantasyonlarının uygulanması.

1.1.1. Ergonominin Tarihsel Gelişimi

Ergonomi insanlığın başlangıcından beri her zaman için var olmuştur. Örneğin el aletleri insanlığın başlangıcından beri kullanılmaktadır. El aletleri taş devrinden beri bir şekilde insanlara kesme, parçalama, delme, kazıma gibi görevlerde yardımcı olmaktadır. El aletlerinin kullanıma sunulması, ergonomi biliminin farkında olunmadan uygulanmasıyla olmuştur (Helander, 2006).

İtalya'daki Padua ve Modena'da bir tıp profesörü olan Bernardino Ramazzini, 1717'de yapılan iş ile bağlantılı meslek tehlikelerini belgelendiren "İşçi Hastalıkları" adlı bir kitap yayınlamıştır. Kitabında, elin sürekli aynı hareketleri tekrarlayarak bir işi yapması, kısıtlı ve zorlayıcı vücut duruşu, insanların aşırı stres altında çalışması nedeniyle meydana geldiğine inandığı kümülatif travma bozukluğunu tarif etmiştir. İş yerini iyileştirmek için bir çok yenilikçi çözüm önerilerinde bulunmuştur (Helander, 2006).

Ergonomi alanında çalışmalar ilk olarak 18. Yüzyılın sonlarında F. W. Taylor tarafından yapılmıştır. 1890'larda, insan iş başarısının artırılması için küreklerin şekilleri üzerinde çalışmalar yapan Taylor'un çalışma koşullarını düzenlemeyi amaçladığı bilinmektedir. Taylor, insan faktörüne ve insanların kullandıkları araç ve gereçler üzerine yaptığı deneysel çalışmalarla, ergonomi alanına büyük katkı sağlamıştır (Sabancı, Sümer, ve Say, 2012). Daha sonra Mr. ve Mrs. Gilberth'lerin zaman-hareket incelemeleri ergonomi tarihinde yapılmış önemli çalışmalardandır. Gilberth'ların yaptığı ilk çalışmalardan birisi cerrahlar üzerindedir. Cerrahların gerekli aleti ameliyat esnasında kendilerinin seçmesi yerine, istediklerini söylemelerini ve ameliyat hemşiresinin o aleti cerraha vermesi uygulamasını getirmişlerdir. Böylece hem zaman kaybı olmamış hem de dikkat dağılmamıştır (Su, 2001).

Gilbreth gibi araştırmacıların erken katkılarına rağmen, ekipman ve prosedürler hala insanlara uygun hale getirilmemiştir. Ergonomi biliminin gelişimi, 20. yüzyılın ilk çeyreğinde başlamasına rağmen, tanımlanabilir bir pratik çalışma alanı olarak II. Dünya Savaşı sırasında (1940'larda) başlamaktadır. Davranış bilimcilerin II. Dünya Savaşı boyunca ana vurgusu, iş için uygun insanların seçilmesi ve gelişmiş eğitim prosedürlerinin geliştirilmesi üzerine olmuştur. Bununla birlikte, II. Dünya Savaşı sırasında, eğitim ve seçimin en iyi şekilde yapıldığı durumda bile ekipman kullanıcılarının yeteneklerinin bazı karmaşık ekipmanlar karşısında yetersiz kaldığı görülmüştür (Sanders ve McCormick, 1993). Örneğin II. Dünya Savaşı sırasında B-17 bomba uçaklarının bir türlü açıklanamayan kazalarını araştırmakla görevlendirilen araştırmacı Alphonse Chapanis incelemelerinin sonucunda kötü kokpit dizaynı ile kazalar arasında bağlantı kurmuştur. Kokpitte bulunan kumanda panellerinin birbirine çok benzemesi nedeniyle, yoğun bir uçuş programından dönen pilotların iniş sırasında tekerlekleri açan panel yerine yanlışlıkla bomba kapaklarını açan panele bastığını ve bunun da uçağın piste çakılmasına neden olduğunu keşfetmiştir (Kazemi, 2016).

Savaşın ardından pek çok araştırmacı kendi uzmanlık alanlarına göre insan ve iş alanında çalışmalar yapmış ama fikir birliğine varılamamıştır. 1949 yılında Oxford Üniversitesi'nde K.F.H Murrell'in başkanlığında yapılan toplantıda Ergonomi sözcüğü kullanılmış ve Ergonomi Araştırma Konseyi (Ergonomics Research Council)

kurulmuştur. 1950 yıllarından sonra da kapsamlı olarak araştırılmaya başlanmıştır (Erkan, 1997).

1.1.2. Ergonominin Çeşitleri

İşin insana insanın işe uyumu ile ilgilenen ergonomi biliminin Bilişsel Ergonomi, Fiziksel Ergonomi, Örgütsel Ergonomi ve Yeşil Ergonomi olmak üzere dört temel boyutu vardır. Söz konusu boyutlar bu kısımda kısaca ele alınacaktır.

1.1.2.1. Bilişsel Ergonomi

Son zamanlarda teknolojik gelişmelerle birlikte beden gücüyle yapılan işlerden düşünce gücüyle yapılan işlere doğru değişim olmuş ve düşünme ön plana çıkmaya başlamıştır. Bilişsel ergonomi, yapılan bir işin sadece beden üzerinde etkisinin olmadığını aynı zamanda zihin üzerinde de etkisinin olduğunu savunmaktadır. Bu çerçevede, bilişsel ergonomi iş ile düşünce arasındaki etkileşimi ortaya koymaya çalışmaktadır (Hollnagel, 1997). Uluslararası Ergonomi Derneği bilişsel ergonominin, insanlar ve sistemin diğer unsurları ile etkileşim açısından algı, hafıza, akıl yürütme ve motor becerileri gibi zihinsel süreçlerle ilgilendiğini belirtmektedir. Ayrıca Uluslararası Ergonomi Derneği bilişsel ergonominin ilgili olduğu konular arasında, zihinsel iş yükü, karar verme, yetenek, performans, insan-bilgisayar etkileşimi, insan güvenilirliği, iş stresi ve insan-sistem tasarımına ilişkin beceri kazandırmanın yer aldığını açıklamıştır (IEA, 2019). Bilişsel ergonominin başlıca uğraş alanları arasında, “insan hatası, göstergelerin tasarımı, yetenek kazanımı ve kazanımların korunması, personel eğitimi, akıllı sistemler, analizlerin sınıflandırılması, test ve muayene, iş gücü planlama ve programlama, zihinsel yük ve yüklenme, enformasyon sistemlerinin tasarımı ve kullanımı” gibi konular yer almaktadır (Özok,1995; Aktaran Düşüngülü, 2014).

1.1.2.2. Fiziksel Ergonomi

Fiziksel ergonomi, insanın fiziki aktiviteleriyle alakalı olan insanın anatomik, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik özellikleri ile ilgilenmektedir. Bu çerçevede fiziksel ergonomi fiziksel çevrenin tasarımı, çalışma duruşları, malzeme kullanımı, tekrarlayan hareketler, işe bağlı kas-iskelet sistemi hastalıkları, iş yeri düzeni, güvenlik

ve sağlık gibi konuları içermektedir (IEA, 2019). Bu doğrultuda, fiziksel ergonominin insan vucudunun fizyolojik olarak daha az zorlanmasını, işgücü verimliliğinin artmasını ve uygun evre koşullarının sağlanmasını amaçladığını ifade etmek mümkündür.

1.1.2.3. Örgütsel Ergonomi

Örgütsel ergonomi, örgüt yapılarını, politikaları ve süreçleri dikkate alarak sosyoteknik sistemlerin optimizasyonu ile ilgilenmektedir. Bu doğrultuda iletişim, ekip kaynak yönetimi, iş tasarımı, çalışma zamanlarının düzeni, ekip çalışması, katılımcı tasarım, iş birliğine dayalı çalışma, yeni iş paradigmaları ve kalite yönetimi gibi konuları kapsamaktadır (IEA, 2019). Örgütsel ergonomi, yapılan işlerin en iyi şekilde ortaya çıkabilmesi için işleri belirtilen konular dahilinde organize etmektedir. Bir örnekle açıklanaca olursa mesela ürüne talebin yoğun olduğu dönemlerde, işletmelerin verimliliği düşürmeyecek şekilde vardiya sistemlerini düzenlenmesi örgütsel ergonominin görevleri arasındadır (Neşeli, 2016).

1.1.2.4. Yeşil Ergonomi

Yeşil ergonomi kavramı son yıllarda popülerlik kazanmaya başlamıştır. Literatür incelendiğinde yeşil ergonomi ile ilgili gerek teoride gerekse pratikte çeşitli çalışmaların bulunduğu gözlenmektedir. Yeşil ergonomi, aslında sürdürülebilir kalkınma kavramının alt boyutu olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma amacıyla yapılan çalışmalara katkı sağlamaktadır (Turhan, Özdemir ve Özdemir, 2015). Thatcher (2013) yeşil ergonomiyi “tabiat- insan uyumu bağlamında tabiata zarar vermeyen ergonomik dokunuşlar” şeklinde tanımlamıştır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere yeşil ergonomi, tabiat-insan etkileşimindeki çift yönlü bağlantıya ve doğal ortamlarla tamamen sürdürülebilir bir şekilde bütünleşen insan sistemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Dolayısıyla yeşil ergonominin, tabiatı koruyacak, yenileyecek ergonomik tasarımların nasıl olması gerektiğini ve ekosistemin sunduğu olanakların insan refahını artıracak şekilde nasıl kullanılacağını incelediği söylenebilir.

1.2. Üretim Süreçlerinde Ergonomik Riskler

Üretim süreçlerindeki ergonomik riskler, işletme ve çalışanlar açısından olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu kısımda, riskler detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

1.2.1. İşletme Açısından Riskler

İşletme açısından oluşabilecek riskleri, iş gücü kaybı, sağlık ve iş gücü masraflarında artış, verimlilik ve kalite düşüşü şeklinde ifade etmek mümkündür.

İş gücü kaybı açısından bakıldığında, işletmeler için değer yaratan faktörlerin başında iş gücünün geldiği ve işletmelerin başarı ve başarısızlığında önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. İş gücü, emek faktörünün üretim faaliyetlerine katılan toplamı olarak tanımlanmaktadır. Bir işletmede iş gören herkes iş gücü kapsamında değerlendirilmektedir. İş gören ise bilgi ve becerilerini örgütsel hedefler doğrultusunda kullanan ve işletmede istihdam edilen kişilerden oluşmaktadır (Öztürk ve Akbulut, 2011). Çeşitli sebeplerle çalışanların bu bilgi ve becerilerini işletme planları çerçevesinde kullanmaması veya çalışanların sorumluluklarındaki işleri yerine getirememeleri, iş gücü kaybı olarak ifade edilmektedir. SGK'nın devamsızlık verilerine göre Türkiye'de iş kazası ve meslek hastalıkları nedeniyle iş gücü kaybının 2017 yılında 3.996.895 gün olduğu görülmektedir (SGK, 2019). Bir iş görenin herhangi bir sebeple devamsızlık yapması durumunda o iş diğer çalışanlar tarafından yapılmaktadır. Bu durum diğer çalışanların iş yükünü artırmakta ve onlara ekstra ücret ödenmesine neden olabilmektedir (Küçük, Özbek ve Küçük, 2015). Türkiye geneline bakıldığında iş gücü kaybı nedeniyle işletmelerin maliyetlerinin önemli miktarda arttığını ifade etmek mümkündür. Literatür incelendiğinde iş gücü kaybının çeşitli nedenleri olduğu görülmektedir. Olumsuz algılanan çalışma ortamı koşulları, iş kazaları, meslek hastalıkları vb. nedenlerle işletmelerde iş gücü kaybının yaşandığı görülmektedir.

İmalat işletmelerinde çalışanların yaptığı hareketleri ve harcadığı eforu azaltmaya yönelik çeşitli istasyonlar tasarlanmakta ve çeşitli makineler kullanılmaktadır. Ancak iş istasyonlarındaki makinelerin sayıca az veya işlevlerinin yetersiz olması durumunda işçiler yüksek oranda bedensel güç kullanabilmektedir. Ergonomiyi göz ardı ederek tasarlanan iş istasyonları ise genellikle çalışanlar için uygunsuz vücut duruşu ve

aktiviteleri gerektirebilmektedir. Bu tür durumlar, çalışanların yaralanmasına veya mesleki kas rahatsızlığı yaşamalarına sebep olabilmektedir. Çalışanların iş yerlerinde yaşadıkları kazalar ve mesleki rahatsızlıklar ise tedavi masrafları ve yüksek tazminat maliyetleri ile sonuçlanabilmektedir (Li, Gül ve Al-Hussein, 2019). Öte yandan işletmeler, mesleki rahatsızlık ve yaralanma sebebiyle işe devam edemeyen çalışanların yerine yeni veya geçici personel istihdam ettiklerinde, yeni personele verilecek eğitimle ilgili maliyetlerle de karşı karşıya kalabilmektedir.

Verimlilik ve kalite açısından bakıldığında, işletmelerin küresel rekabet ortamında hayatta kalabilmeleri için verimliliklerini sürekli olarak artırmak durumunda oldukları herkes tarafından bilinmektedir. Verimlilik en basit şekilde üretim miktarı(çıkıtı)/üretim faktörleri miktarı(girdi) ile ifade edilmektedir. Üretim süreçlerindeki ergonomik riskler, verimlilik üzerinde girdi miktarını artırıcı çıktı miktarını ise azaltıcı bir etkiye sahiptir. Çünkü yapılan araştırmalar iş gücünde yaşanacak %1'lik bir kaybın, üretim seviyesinde %2,5'luk bir düşüşe neden olduğunu göstermektedir (Eronat, 2004; Akt. Küçük vd., 2015). Ergonomi ve kalite arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için İsveç'te otomobil fabrikasında yapılan bir araştırmada ergonomik problemin olduğu işletmelerdeki kalite ile ergonomik problemin olmadığı işlerdeki kalite arasında üç kat fark olduğu ve kalite düşüklüğüne neden olan işlerin başında montajı zor olan işlerin yer aldığı belirtilmiştir (Eklund, 1995).

1.2.2. Çalışanlar Açısından Riskler

Çalışanlar açısından oluşabilecek riskleri, iş veriminde düşüş, yaşam kalitesinde düşüş ve sağlık problemlerinde artış şeklinde ifade etmek mümkündür.

İşletmeler açısından riskler kısmında ele alınan verimlilik kavramı aynı zamanda çalışanları da ilgilendirmektedir. Çünkü işletmenin genel verimliliği çalışanların verimliliğine bağlı olarak şekillenmektedir. Sağlık riskinin çalışanların üretkenliği üzerindeki etkisi bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarında, yüksek sağlık riskinin düşük iş verimliliğine neden olduğu ortaya konulmuştur (Boles, Pelletier ve Lynch, 2004; Burton, Conti, Chen, Schultz ve Edington, 1999; Grossmeier, Mangen, Terry ve Haglund-Howieson, 2015; Riedel, Lynch, Baase, Hymel ve Peterson, 2001). Şekil 1.2., işçi sağlığına yönelik iyileştirme girişimlerinin,

kısa ve uzun vadeli kurumsal üretkenliği nasıl etkilediğini göstermektedir. Çalışanların verimliliği üzerine etkisi olan sağlık risklerinin başka bir deyişle ergonomik risk faktörlerinin işletmeler açısından oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 1.2. Verimliliğe Giden Yollar (Riedel vd., 2001)

Çalışanın yaşam kalitesinde düşüş, çalışanlar için oldukça önemli bir risk unsurudur. Yaşam kalitesi kavramı literatüre, 1948 yılında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün sağlığı tanımlamasından sonra girmiştir. DSÖ sağlığı, herhangi bir hastalığın veya sakatlığın olmamasıyla birlikte fiziksel, zihinsel ve sosyal açıdan iyi olunması olarak tanımlamıştır. Bu iyi olma halinin ölçülmesi için yapılan çalışmalarda, yaşam kalitesi kavramı giderek önemli hale gelmiştir (Testa ve Simonson, 1996). Yaşam kalitesi, insanların içinde buldukları kültür ve değer sisteminde kendilerini algılayış şeklidir. Yaşam kalitesi, insanların inançlarını, etrafındakilerle olan sosyal ilişkilerini, fiziksel ve psikolojik durumunu kapsayan çok boyutlu bir kavramdır (Avcı ve Pala, 2004). Yaşam kalitesi kavramına fabrika çalışanları özelinde bakıldığında, çalışma koşulları, çalışma ortamı ve çalışma ilişkileri yaşam kalitesi için temel belirleyiciler olarak değerlendirilmektedir. Çalışanların etrafını çevreleyen bu unsurlar, çalışanların yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir. Çalışma ortamında bulunan ve çalışanın sağlığını etkileyebilecek başlıca risk etmenleri; sıcaklık, gürültü, gazlar, metaller, kimyasallar, ağır kaldırma, tekrarlanan hareketler, itme-çekme, dönme gibi hareketler olarak sayılabilir. Çalışanın bu risk etmenlerinden biri veya birkaçına maruz kalması durumunda sağlık sorunları başlamakta ve yaşam kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir (Uskun, Öztürk, Kişioğlu ve Sönmez, 2015).

Çalışanlar, yaptıkları işe bağlı olarak çeşitli sağlık problemleri ile karşı karşıya kalabilmektedirler. Karşılaşılan sağlık problemleri, iş kaynaklı veya çalışan kaynaklı olabilmektedir. Tekrarlı hareketler, yük kaldırma, titreşim, gürültü, taşıma ve uzun süreli aynı pozisyonlar iş kaynaklı; kondisyon yetersizliği, dikkat eksikliği, sigara kullanımı, yaşlanma ve aşırı kilo ise çalışan kaynaklı sağlık problemlerine neden olan başlıca etmenlerdir (Özcan ve Kesiktaş, 2007). En yaygın meslek hastalıkları bel, omuz ve boyun çevresinde, üst ve alt ekstremiterde görülmektedir. Karşılaşılan bu hastalıklar erken, orta ve ileri olmak üzere üç evreye ayrılmaktadır (Bilir, 2007):

- Erken evre hastalıkları: Çalışma esnasında ortaya çıkan ağrı ve yorulmalardır, performansı etkilemez, dinlenince geçmektedir.
- Orta evre hastalıkları: İşin başlangıcında görülen ağrı ve yorgunluk halidir, gece boyu sürmekte ve tekrarlanan işlerde performans düşüklüğüne neden olmaktadır.
- İleri evre hastalıkları: Aşırı derecede ağrı ve yorulmalar görülmektedir. Dinlenince geçmeyen bu ağrılar uykuya engel olmakta ve performansın ciddi oranda azalmasına neden olmaktadır.

Yapılan araştırmalar, ergonomi eğitiminin ve ergonomik iyileştirmelerin iş gücü kaybını, sigorta tazminat ödemelerini, meslek hastalıklarının sıklığını ve sebep olduğu maliyetleri azalttığını, iş memnuniyeti, yaşam kalitesini verimliliği, yatırımların geri dönüş hızını artırdığını göstermektedir (Amell ve Kumar, 2001; Bernacki, Guidera, Schaefer, Lavin ve Tsai, 1999; Foye, Cianca ve Prather, 2002; Silverstein ve Clark, 2004).

İKİNCİ BÖLÜM

2. ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Teknolojik ilerlemeyle birlikte çalışanlar üzerindeki fiziksel iş yükü azalmasına rağmen, sanayi bakımından geri kalmış ülkelerde daha fazla olmak suretiyle gelişmekte olan ve hatta gelişmiş ülkelerde bile çalışanların mesleki görevlerini yerine getirmeye bağlı olarak kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları yaşadıkları görülebilmektedir. Bu durum bazı ekonomik kayıpları beraberinde getirerek bireyleri, örgütleri ve en nihayetinde tüm ülkeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Özel ve Çetik, 2010). Yapılan araştırmalar, kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesinin tedavi sürecinden daha az maliyetli olduğunu göstermektedir (Verbeek, Pulliainen ve Kankaanpää, 2009). Dolayısıyla mesleki kas ve iskelet sistemi rahatsızlığına sebep olabilecek durumların risk düzeylerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması büyük önem taşımaktadır. Risk değerlendirmesi olarak adlandırılan bu sürece ilişkin literatürde çeşitli yöntemlerin geliştirildiği görülmektedir (Deste ve Sever, 2019). Bu bölümde literatürde yer alan yöntemlere ilişkin literatür incelemesi yapılacaktır.

2.1. Literatür İncelemesi

İşle ilgili mesleki kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları, ağrılı kas, tendon ve sinir bozukluğu şeklinde kendisini göstermektedir. Sık tekrarlanan işler ve uygunsuz vücut duruşlarını içeren faaliyetler, çalışırken veya istirahat halinde çalışanlarda ağrılı olabilecek rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. İşle ilgili rahatsızlık raporlarına bakıldığında rahatsızlıkların çoğunlukla sırt, üst uzuvlar, omuz ve boyun bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ergonomik risk değerlendirme/ölçüm yöntemlerinin de bu bölgelere yönelik olarak geliştirilmektedir (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2014). Literatürde ergonomik risk değerlendirme yöntemleri öznel değerlendirmeler, sistematik gözlemler ve doğrudan gözlemler olmak üzere üç kategori altında ele alınmaktadır (Burdorf ve Van Der Beek, 1999).

Öznel Değerlendirmeler: Çalışanların iş yerlerinde maruz kaldıkları riskleri kendilerinin değerlendirdiği bu kategori, işçi günlükleri, anketler ve kontrol listelerinden oluşmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı düşük maliyete ve kullanım kolaylığına

sahip olmasıdır. Bu yöntemde ergonomik analiz yapmak için yeterli bilgi ve tecrübesi olmayan kişiler, kontrol listelerini kullanarak ergonomik açıdan mevcut eksiklikleri tespit edebilmektedirler. Çalışanların maruz kalma algılarında yanılmalar olacağı için kontrol listeleri ve anketler yardımıyla yapılan ergonomik analizlerin geçerliliği ve güvenilirliği tam sağlanamamaktadır (David, 2005). Fakat analiz sonuçlarına göre daha kapsamlı ergonomik analizlerin hangi alanlarda yapılması gerektiği yönünde öngörü oluşabilmektedir. Literatürde yer alan başlıca öznel değerlendirme yöntemleri şunlardır (Özel ve Çetlik, 2010):

- Alman Kas ve İskelet Rahatsızlığı Anketi (Dutch Musculoskeletal Discomfort Questionnaire),
- İskandinav Kas İskelet Sistemi Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire),
- Cornell Kas ve İskelet Sistemi Rahatsızlığı Anketi (Cornell Musculoskeletal Discomfort Survey),
- Vücut Rahatsızlık Haritası (Body Discomfort Map),
- Algılanan Çaba Derecesi (Rating of Perceived Exertion, RPE),
- İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri (Swedish Occupational Fatigue Inventory SOFI),

Sistemik gözlemler: Bu kategori kendi arasında basit gözlemsel teknikler ve gelişmiş gözlemsel teknikler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Basit gözlemsel tekniklerde, bir gözlemci çalışanın pozisyon değişimlerini izleyerek önceden tanımlanmış puan tablosuna kaydetmektedir. Çok çeşitli iş yerlerinde düşük maliyetle kullanılabilen yöntemlerin uygulaması çok zaman almasına rağmen geçerliliği ve güvenilirliği oldukça yüksektir. Yöntemler genellikle statik duruş gerektiren ve tekrarlayan işlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Hali hazırda ergonomik riskleri değerlendirmek için birçok sistemik gözlem yöntemi yer almaktadır. Değerlendirilen maruziyet faktör sayıları yöntemden yönteme değişiklik göstermektedir (David, 2005). Literatürde yer alan başlıca basit gözlemsel yöntemler ile yöntemlerin göstergeleri ve değerlendirdikleri vücut bölümleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1. Basit Gözlemsel Değerlendirme Araçları

Yöntem ve Kaynak	Vücut bölümü	Yoğunluk	Frekans	Süre
ALLA	Alt bölüm	Evet (Duruş)	-	X
ART	Eller/parmaklar	Kısmi (Duruş)	X	Kısmi
CTD risk endeksi	Üst ekstremité	Evet (Güç ve duruş)	X	-
HAL	Bilek/eller	Evet (Güç)	X	-
HARM	Boyun/Omuz, Alt kol/bilek	Evet (Güç ve duruş)	X	X
KC	El, alt kol	Evet (Güç ve duruş)	Kısmi	-
KIM I-II, Kaldırma/Çekme/ İtme	Gövde	Evet (Güç ve duruş)	X	X
KIM III Elle çalışma	Kol/Bilek	Evet (Güç ve duruş)	X	X
LUBA	Boyun, omuzlar, üst sırt, alt sırt, dirsekler ve bilekler / eller	Evet (Duruş)	-	-
OCRA	Üst ekstremité	Evet (Güç ve duruş)	X	-
OWAS	Tüm vücut	Evet (Duruş)	X	-
PATH	Tüm vücut	Evet (Güç ve duruş)	X	-
PLIBEL	Tüm vücut	Evet (Güç ve duruş)	X	-
QEC	Sırt, boyun, kol, el	Evet (Duruş)	-	Kısmi
RAMP	Sırt, üst ekstremité	Evet (Güç ve duruş)	X	X
REBA	Tüm vücut	Evet (Duruş)	-	-
RULA	Tüm vücut	Evet (Duruş)	-	-
SI	El, alt kol	Evet (Duruş)	X	X
WERA	Tüm vücut	Evet (Güç ve duruş)	X	X

Kaynak: (Andreas ve Johanssons, 2018)

Gelişmiş gözlemsel teknikler daha çok dinamik aktivitelerin yoğun olduğu işlerdeki duruş pozisyonlarını değerlendirebilmek için geliştirilmiştir. Bu metotta veriler video kayıt cihazı ile toplanmakta ve bilgisayar ortamına aktarılarak 3D Match, Ergo-Man, 3DSSPP, Jack. ve Sammie Cad gibi programlar aracılığıyla analiz yapılmaktadır. Literatürde gelişmiş gözlemsel risk değerlendirme yöntemlerinden bazıları şunlardır (David, 2005):

- ROTA (Ridd, Nicholson ve Montan, 1989)
- TRAC (Van Der Beek, Van Gaalen ve Frings-Dresen, 1992)
- HARBO (Wiktorin, Mortimer, Ekenvall, Kilbom ve Hjelm, 1995)
- PEO (Fransson-Hall, Gloria, Kilbom, Winkel, Karlqvist ve Wiktorin, 1995)

- PATH (Buchholz, Paquet, Punnett, Lee ve Moir, 1996)

Doğrudan gözlemler: Teknoloji alanındaki ilerlemeyle birlikte çalışanların duruşları, hareketleri ve katlandıkları yükler çeşitli teknik yöntemlerle analiz edilmeye başlandı. Bu kategoride çalışan duruşları, kas aktiviteleri, vücut hareketleri ve güçler hakkında detaylı bilgiler veren ivme ölçer, akıllı giysiler, açı ölçer ve elektromiyografi gibi çeşitli teknik araçlar kullanılarak ergonomik analizler yapılmaktadır. Bu araçlarla yapılan ergonomik analizlerde, diğer kategorilerdeki yöntemlere kıyasla daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Fakat gözlemsel ve öznel değerlendirme yöntemlerinden daha maliyetli ve uzman kişiler tarafından ele alınabilmektedir (Andreas ve Johanssons, 2018). Yazarlar bu üç kategoriyi geçerlilik ve güvenilirlik bakımından karşılaştırdığında, sistematik gözlemlerin öznel değerlendirmelerin üzerinde olduğunu, doğrudan gözlemlerin de sistematik gözlemlerin üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir (Village, Trask, Luong, Chow, Johnson, Koehoorn ve Teschke, 2009).

2.2. Araştırmada Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde araştırmada kullanılan yöntemlere ilişkin literatür bilgisi aktarılmıştır.

2.2.1. REBA

REBA metodu, Hignett ve McAtamney tarafından geliştirilmiştir. REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme) yönteminde tüm vücut pratik bir şekilde ergonomik açıdan değerlendirilmektedir. McAtamney ve Hignett (2000), REBA metodunu özellikle sağlık ve diğer hizmet sektörlerinde bulunan öngörülemeyen çalışma duruşlarını kolaylıkla değerlendirmek için geliştirdiklerini belirtmektedir. Gözlemcinin yöneme ilişkin detaylı bilgisine ihtiyaç duyulmaması ve kolaylıkla uygulanabilmesi, yöntemin avantajlarından. Dezavantajı ise farklı işlerde yapılan uygulamalar için ideal gözlem süresinin ve gözlem aralıklarının belirsiz olmasıdır (Ünver Okan ve Kaya, 2015).

Literatür incelendiğinde birçok çalışmada REBA yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Sağıroğlu, Coşkun ve Erginel (2015), çalışmalarında, kompresör imalat fabrikasında çalışan işçilerin ergonomik risklerini REBA yöntemi ile değerlendirmiş ve iyileştirme gerçekleştirmişlerdir. Çalışma esnasında birden çok pozisyonu önemli bir

zaman, çaba ve maliyet olmadan değerlendirebildiği için REBA yöntemi tercih edilmiştir. 10 farklı iş istasyonunun değerlendirildiği çalışmada, krank sepetinin yerinin ve açısının değiştirilmesi, operatörün koltuk yüksekliğinin ayarlanması, fazla yüklerin olduğu istasyonlara taşıma amaçlı vakumlu pergel vinç alınması ve pozisyonlanabilir kaldırma aracının alınması gibi iyileştirme önerilerinde bulunularak ergonomik riskler azaltılmıştır.

Ünver Okan ve Kaya (2015), Trabzon-Of orman fidanlığındaki repikaj işlerinde mevsimlik çalışan 70 kadın işçinin çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile analiz ederek risk düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma esnasındaki duruş pozisyonları video kaydına alınmış ve söz konusu kayıtlar ofis ortamında belirli aralıklarla durdurulup REBA yöntemine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda replikaj işinin risk puanının 7 olduğunu tespit etmişler ve bu risk puanıyla faaliyetin orta risk grubunda yer aldığını belirtmişlerdir. Sonuç kısmında ise iş yerinin ergonomik bir düzenlemeye ihtiyaç duyduğunu ve çalışanların da çalışma duruşları konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Lasota (2014), mağaza ve internet üzerinden kitap satan bir şirkette, bir siparişin hazırlanma sürecine ilişkin siparişi bulma, ambalajlama ve tasnif etme faaliyetlerini değerlendirmek için REBA yöntemini kullanmıştır. Değerlendirme sonucunda beş duruşun (AC)2, yedi duruşun (AC)3 ve bir duruşun (AC)4 eylem kategorisinde yer aldığını belirlemiştir. Sırtın bükük ve dönük olması, kolların gövdenin üzerinde olması, çalışanın ayakta durması ve paketin ağırlığı riski artıran ana faktörler arasında olduğunu ifade etmiştir. Sipariş hazırlama işindeki çalışanların yüksek düzeyde kas ve iskelet sistemi rahatsızlığı riskine maruz kaldıklarını tespit etmiş ve en kısa zamanda iş istasyonlarının yeniden tasarlanmasının ve çalışma yöntemlerinin tekrar gözden geçirilmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır. Değişikliğin etkinliğini ölçmek için ergonomik düzeltmeler yapıldıktan sonra REBA yöntemiyle aynı faaliyetlerin değerlendirilmesini önermiştir.

Atıcı, Gönen ve Oral (2015), çalışmalarında otomotiv sektörü için kablo imalatı yapan fabrikadaki işçilerin çalışma pozisyonlarını değerlendirmek ve iyileştirmek amacıyla REBA yöntemini kullanmışlardır. Kablo döşeme işlemindeki çalışma duruşları

fotoğraflanarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda pozisyonlara ilişkin REBA puanı yüksek çıkmış ve “kısa zaman içerisinde önlem gerektiği” ifade edilmiştir. Çalışanlardaki boy farklılıklarının sabit olarak ilerleyen konveyör hattında uygun olmayan duruş pozisyonlarına neden olduğu belirtilmiş ve operatörün boyuna ve çalışma duruşuna göre yükselip alçalabilen montaj masası iyileştirme önerisi olarak sunulmuştur.

Savitri, Mulyati ve Aziz (2012), bahçe işinde çalışan yedi işçinin yaptığı işleri 23 parçaya ayırarak işçilerin çalışma pozisyonlarını değerlendirmişlerdir. İşle ilgili ağrı semptomlarının varlığını araştırmak, uygunsuz çalışma duruşlarıyla ilgili riskleri belirlemek ve çalışma yöntemlerini iyileştirilmek amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, işle ilgili ağrı oluşumunu tespit etmek için Nordic Kas-İskelet Sistemi Anketi kullanılırken; çalışma duruşlarına ilişkin risk değerlendirmesi Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA) yöntemi ile yapılmıştır. Sonuçlar, tüm işçilerin, işin öncesinde ve sonrasında ağrı semptomları yaşadığını göstermiştir. REBA analizine göre işlerin %82,6’sının orta, %10,9’unun yüksek, %4,3’ünün çok yüksek ve %2,2’sinin düşük seviye risk grubunda olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise riskli olan çalışma duruşlarına ilişkin iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

REBA yönteminin uygulanması beş adımda gerçekleşmektedir (Koç ve Testik, 2016):

- İşin gözlemlenmesi
- Değerlendirilecek pozisyonların seçilmesi
- Pozisyonların puanlanması
- REBA puanının hesaplanması
- Eylem seviyesinin ve risk düzeyinin belirlenmesi

1. Adım: İşin Gözlemlenmesi

İşyeri düzeni, ekipman kullanımı ve çalışanın risk alma konusundaki davranışı da dahil olmak üzere yapılan iş gözlemlenir. Eğer mümkünse kamera veya fotoğraf makinesi ile veriler kaydedilir. Kayıt esnasında ortaya çıkabilecek eksiklikleri ve açı kayıplarını minimize etmek için birden fazla görüntünün alınması önerilmektedir.

2. Adım: Değerlendirilecek Pozisyonun Seçilmesi

Birinci adımdaki gözlemden sonra hangi pozisyonun değerlendirileceğine karar verilir. Pozisyon seçiminde aşağıdaki kriterlerden bir veya birkaçı dikkate alınabilir;

- En sık tekrar eden duruş
- En uzun süren duruş
- Aşırı kuvvet veya kas kullanımını gerektiren duruş
- Özellikle kuvvet uygulama esnasında ortaya çıkan dengesiz veya uygunsuz duruş
- Önlem, bilgilendirme veya diğer değişikliklerle iyileştirilmesi muhtemel duruş

3. Adım: Pozisyonların Puanlanması

REBA yöntemi vücudu A ve B şeklinde iki gruba ayırmaktadır. A grubunda, boyun, gövde ve bacaklar yer alırken; B grubunda, üst kol, alt kol ve el bilekler yer almaktadır. Şekil 2.1.'de A, Şekil 2. 2.'de B grubu için puanlama kriterleri yer almaktadır. Şekillerden de anlaşılacağı üzere vücut bölümlerinin duruş esnasında oluşturduğu açılara göre puanlar verilmektedir. Puanlar duruma bağlı olarak artırılıp azaltılabilmektedir. Örneğin B grubundaki üst kol, açısına göre puanlandıktan sonra pozisyonda omuzda yükselme de varsa hesaplanan puana 1 puan eklenir.

GÖVDE		
Hareket	Skor	Skor Değişimi:
Dik Duruş	1	Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 ekle
0°-20° fleksiyon	2	
0°-20° ekstansiyon	3	
20°-60° fleksiyon	3	
> 20° ekstansiyon	4	
> 60° fleksiyon	4	
BOYUN		
Hareket	Skor	Skor Değişimi:
0°-20° fleksiyon	1	Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 ekle
> 20° fleksiyon veya ekstansiyon	2	
BACAK		
Hareket	Skor	Skor Değişimi:
Ağırlık iki bacak üstünde	1	Eğer dizlerde 30°-60° arası fleksiyon varsa skora +1, Eğer >60° fleksiyon varsa skora +2 ekle
Ağırlık tek bacak üstünde, dengesiz durumda	2	

Şekil 2.1. REBA Yöntemi Grup A Puanlaması (Koç ve Testik, 2016)

ÜST KOLLAR		
Hareket	Skor	Skor Değişimi: Eğer kol dönmüş veya dışarı çekilmişse: +1 Omuz yükseltilmiş durumdaysa: +1 Eğer kol destekleniyorsa: -1
20° kadar olan ekstansiyon veya fleksiyon	1	
>20° ekstansiyon 20°-45° arası fleksiyon	2	
45° -90° arası fleksiyon	3	
> 90° fleksiyon	4	
ALT KOLLAR		
Hareket	Skor	
60°-100° fleksiyon	1	
<60° fleksiyon >100° fleksiyon	2	
BİLEK		
Hareket	Skor	Skor Değişimi: Bilek dönmüş durumdaysa: +1
0°-15° arası ekstansiyon veya fleksiyon	1	
>15° ekstansiyon veya fleksiyon	2	

Şekil 2.2. REBA Yöntemi Grup B Puanlaması (Koç ve Testik, 2016)

4. Adım: REBA Puanının Hesaplanması

Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.'de yer alan vücut bölümleri için ayrı ayrı puanlamalar yapıldıktan sonra puanları tek bir puana dönüştürmek için öncelikle Tablo 2.5.'deki puanlama cetveli kullanılır. Tablo 2.5.'de belirlenen puanlar, Şekil 2.3.'deki diyagramın üst tarafındaki boş kutucukların soluna ve sağına kaydedilir. Gövde, boyun ve bacak için kaydedilen puana, Tablo 2.2.'deki yük/kuvvet puanı eklenerek A puanı; üst kol alt kol ve bilek için kaydedilen puana Tablo 2.3.'deki kavrama puanı eklenerek B puanı elde edilir. A ve B puanları Tablo 2.6.'daki puanlama matrisinde birleştirilerek C puanı elde edilir. Son olarak C puanına, varsa Tablo 2.4.'deki hareket puanı eklenerek REBA puanı elde edilir.

5. Adım: Eylem Seviyesinin Belirlenmesi

REBA puanı hesaplandıktan sonra Tablo 2.7.'de yer alan Eylem Seviyeleri kullanılarak puanın risk seviyesi ve risk puanına göre uygulanması gereken eylem belirlenir.

Tablo 2.2. REBA Yöntemi Yük/Kuvvet Puanlaması

0	1	2	+1
<5 kg	5–10 kg	>10 kg	Ani veya hızla artan güç kullanımı gerektiğinde

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.3. REBA Yöntemi Yük Kavrama Puanlaması

0 (İyi)	1 (Orta)	2 (Zayıf)	3 (Kabul Edilemez)
Elle iyi kavrama ve orta vade güçlü kavrama	Elle kavrama kabul edilebilir; ancak ideal değil ya da kavrama, vücudun başka bir bölümüyle kabul edilebilir	Mümkün olmasına rağmen elle kavrama kabul edilemez	Elle kavrama uygunsuz ve güvensiz; tutacak yok ya da kavrama, vücudun diğer bölümlerinin kullanılmasıyla kabul edilemez

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.4. REBA Yöntemi Hareket Puanlaması

Skor	Tanım
+1	Bir ya da daha fazla vücut bölümü statikse, örneğin 1 dakikadan daha uzun süre tutma
+1	Tekrarlanan kısa aralıklı eylemler varsa, örneğin dakikada 4 kereden fazla tekrarlama (yürüme hariç)
+1	Eylem, duruşta hızlı büyük değişikliklere neden oluyorsa ya da dengesiz duruş

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.5. REBA Yöntemi Grup A-B Vücut Bölümleri Puanlaması

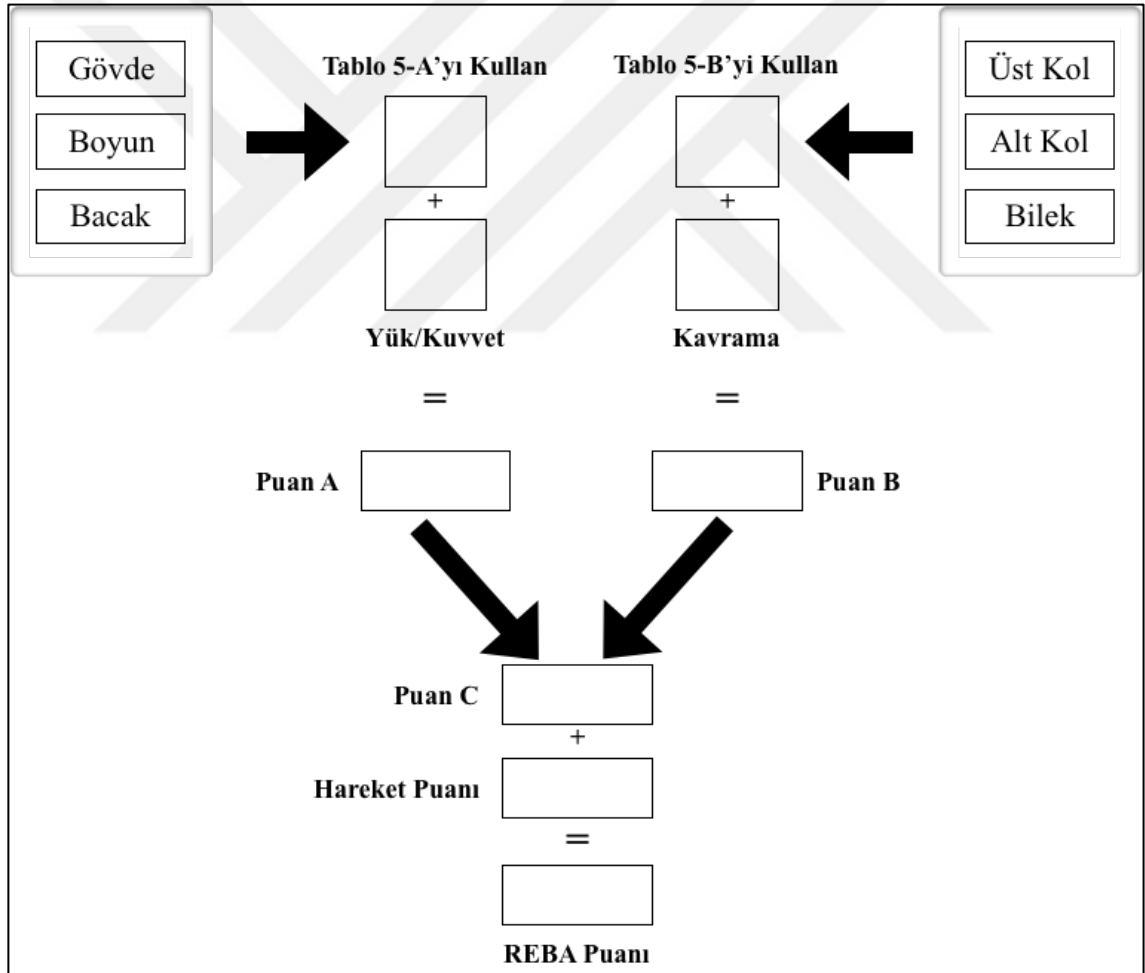
Tablo A	BOYUN												Tablo B	ALT KOL						
	1				2				3					1			2			
	BACAĞLAR				BACAĞLAR				BACAĞLAR					BİLEK			BİLEK			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3		
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	5	6	1	1	2	3			
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	2	1	2	3	4		
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	3	3	4	5	5		
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	4	4	5	5	6	7	
	5	4	5	6	7	6	7	8	9	7	8	9	9	5	6	7	8	7	8	8
														6	7	8	8	8	9	9

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.6. REBA Yöntemi Genel Puanlama

Tablo C		GRUP B PUANI											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GRUP A PUANI	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	2	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	3	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Kaynak: (Sevimli, Atıcı Ulusu ve Gündüz, 2018)



Şekil 2.3. REBA Yöntemi Puanlama Diyagramı (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.7. REBA Yöntemi Eylem Seviyeleri

REBA Puanı	Risk Seviyesi	Eylem Seviyesi	Önlem
1	İhmal Edilebilir	0	Gerekli Değil
2-3	Düşük	1	Gerekli Olabilir
4-7	Orta	2	Gerekli
8-10	Yüksek	3	Kısa Süre İçerisinde Gerekli
11-15	Çok Yüksek	4	Acilen Gerekli

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

2.2.2. RULA

Nottingham Üniversitesinden McAtamney ve Corlett tarafından tasarlanmış ve 2 Nisan 1993`te Applied Ergonomics dergisinin 24. cildinin 2. sayısında yayımlanmıştır (McAtamney ve Corlett, 1993). RULA (Hızlı Üst Uzun Değerlendirmesi), işçilerin maruziyetlerine bağlı olarak üst uzuvlarında bozukluk oluşturacak risk faktörlerini araştırmak için geliştirilmiştir. Metot, kolay kullanım için tasarlandığından kullanıcılarının ileri düzeyde ergonomi bilgisine sahip olması gerekmemektedir (Middlesworth, 2019).

Çalışma duruşlarının incelenmesi için tasarlanmış olan RULA, farklı ülkelerde çeşitli sektörlerde yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan birisinde Rahman, (2014) Bangladeş'in önde gelen seramik endüstrisinde faaliyet göstermekte olan fabrikadaki işçilerin çalışma duruşlarını RULA aracılığıyla değerlendirmiştir. Çalışmada amaç, çalışanların farklı vücut bölgeleriyle ilişkili risk düzeyinin belirlenmesi ve iyi veya kötü çalışan duruşlarının tespit edilmesi şeklinde açıklanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışma sonucunda, birçok işçinin üst ekstremitelerine rahatsızlığına maruz kaldığı tespit edilmiştir. RULA analizi ile üretim bölümünde çalışan işçiler için risksiz herhangi bir duruşun olmadığı ortaya çıkmıştır. Analizlerin nihai sonucunda, işçilerin %15,38'i için duruş pozisyonları daha fazla araştırılmalı, işçilerin %41,02'si için duruş pozisyonları incelenmeli ve kısa süre içerisinde değiştirilmeli ve işçilerin %43,59'u için duruş pozisyonları acilen değiştirilmeli, şeklinde ifade edilmiştir.

Massaccesi vd., (2003) yaptıkları bir çalışmada profesyonel sürücülerin duruş pozisyonlarını RULA yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çöp toplama ve yol yıkama araçlarını kullanan 77 şoför, incelemeye alınmıştır. Çalışmada denekler tarafından ifade edilen vücut ağrıları ile vücut bölümlerine ilişkin tespit edilen puanlar arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir. Özellikle boyun bölgesi puanı yüksek çıkmış ve boynun yoğun yük altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ayarlanabilir koltuk kullanan sürücüler ile kullanmayan sürücülerin RULA puanları arasında farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Kamyonlarda ayarlanabilir koltuk kullanımının rahatsızlıkları azaltabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmayla RULA yönteminin sürücülerin duruş pozisyonlarını değerlendirmede hızlı ve uygun bir risk değerlendirme aracı olduğu kanıtlanmıştır.

Sencer, Eldem, Top ve Şahin (2019) yaptıkları çalışma kapsamında, zemin yüksekliği yer yer farklı olan ve teknik açıdan maksimum sayıda açılır-kapanır havalandırma penceresi bulunan otobüsteki yolcuların, koltuğa oturarak pencereyi tamamen açması halinde ortaya çıkabilecek duruş pozisyonlarının ergonomik analizinde CATIA V5 R21 programının RULA aracını kullanmışlardır. Otobüsün sol ve sağ pencerelerinin altında bulunan bütün koltuklar ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma sonuç kısmında, zemin yüksekliği farklı olan koltuklar için farklı ergonomik risk değerlerinin olduğu tespit edilmiştir. 1, 2, 5, ve 6 nolu koltukların risk puanlarının, 3,4 ve 7 nolu koltukların risk puanlarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Risk puanı 4 olarak hesaplanan 3, 4 ve 7 nolu koltuklar için acil bir değişikliğe ihtiyaç olmadığı açıklanmıştır.

Neşeli, (2016) tez çalışmasında çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren kalıp imalat fabrikası çalışanları için ergonomik analiz yapmıştır. Çalışmada öncelikle her bir iş için iş tanımlaması yapılmıştır. Sonrasında ise bu işlerin yapımı esnasındaki duruşlar RULA ve REBA yöntemleri ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında risk analizinde hesaplanan puanlar değerlendirilmiş ve risk puanına göre iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

RULA yönteminin uygulanması 3 adımdan oluşmaktadır (Neşeli, 2016):

- Değerlendirilecek duruşun belirlenmesi,
- Duruşların puanlanması,
- Eylem seviyesinin belirlenmesi,

1. Adım: Değerlendirilecek duruşun belirlenmesi

RULA değerlendirmesi, çalışma döngüsünde bir anı temsil etmektedir. Bu sebeple değerlendirilecek duruşlar seçilmeden önce, çalışma döngüsü içerisindeki bütün duruşların dikkatli bir şekilde gözlemlenmesi gerekmektedir. Sonrasında ise bu duruşlardan en sık tekrar eden, en uzun süren veya çalışanı en çok zorlayan duruşlar değerlendirilmek üzere seçilmektedir.

2. Adım: Duruşların Puanlanması

RULA yöntemi de tıpkı REBA yöntemi gibi vücudu A ve B şeklinde iki gruba ayırmaktadır. A grubunda, üst kol, alt kol ve el bilekler yer alırken; B grubunda, boyun, gövde ve bacaklar yer almaktadır. Şekil 2.4.'de A, Şekil 2.5.'de B grubu için puanlama kriterleri yer almaktadır.

ÜST KOLLAR		
Hareket	Skor	Değişim Puanı: Eğer omuz yükseltilmiş durumdaysa: +1 Eğer kol sağa veya sola doğru açılmışsa: +1 Eğer kol destekleniyorsa: -1
20° kadar ekstansiyon veya fleksiyon varsa	1	
>20° ekstansiyon veya 20°-45° arası fleksiyon varsa	2	
45°-90° arası fleksiyon varsa	3	
> 90° fleksiyon varsa	4	
ALT KOLLAR		
Hareket	Skor	Değişim Puanı: Eğer kol yana doğru açılıyorsa: +1
60°-100° fleksiyon	1	
<60° fleksiyon >100° fleksiyon	2	
BİLEK		
Hareket	Skor	Not: Eğer bilekte bükülme varsa skor 1 puan artırılır. Değişim Puanı: Eğer bilek orta seviyede bükülmüşse: +1 Eğer bilek bükülebilecek son noktada veya son noktaya yakınsa: +2
Ektansiyon ve fleksiyon yoksa	1	
0°-15° arası ektansiyon veya fleksiyon	2	
>15° ektansiyon veya fleksiyon	3	

Şekil 2.4. RULA Yöntemi Grup A Puanlaması (Middlesworth, 2019)

Şekillerde belirtilen kriterlere göre duruşlara puanlar verilmektedir. Puanlar duruma bağlı olarak artırılıp azaltılabilmektedir. Örneğin A grubundaki üst kol, açısına

göre puanlandıktan sonra duruşta kol destekleniyorsa hesaplanan puandan 1 puan çıkarılır. Vücut bölümleri için puanlar belirlendikten sonra puanları tek bir puana dönüştürmek için öncelikle Tablo 2.8. ve Tablo 2.9.'daki puanlama cetvelleri kullanılır ve puanlar Şekil 2.6.'daki diyagrama kaydedilir. İki grup için kaydedilen puana, Tablo 2.11.'de yer alan yük/kuvvet kas kullanım puanları ayrı ayrı eklenerek A puanı ve B puanı elde edilir. A ve B puanları Tablo 2.10.'daki puanlama matrisinde birleştirilerek C puanı elde edilir. Elde edilen C puanı aynı zamanda RULA puanını da ifade etmektedir.

	BOYUN		Değişim Puanı: Eğer yana doğru bükülme varsa: +1 Eğer yana doğru dönme hareketi de varsa +1 daha ekle
	Hareket	Skor	
	0°-10° fleksiyon	1	
	10°-20° fleksiyon	2	
	> 20° fleksiyon	3	
Ekstansiyon	4		
	GÖVDE		Değişim Puanı: Eğer yana doğru bükülme varsa: +1 Eğer yana doğru dönme hareketi de varsa +1 daha ekle
	Hareket	Skor	
	Dik Duruş	1	
	0°-20° fleksiyon	2	
	20°-60° fleksiyon	3	
> 60° fleksiyon	4		
	BACAĞ		Değişim Puanı: Herhangi bir puan değişikliği uygulanmamaktadır.
	Hareket	Skor	
	Ağırlık iki bacak üstünde, ya da oturma durumunda	1	
Ağırlık tek bacak üstünde, dengesiz durumda	2		

Şekil 2.5. RULA Yöntemi Grup B Puanlaması (Middlesworth, 2019)

Tablo 2.8. RULA Yöntemi Grup A Vücut Bölümleri Puanlaması

Tablo A		Bilek							
		1		2		3		4	
Üst Kol	Alt Kol	Bilek Bükülmesi							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Kaynak: (Middlesworth, 2019)

Tablo 2.9. RULA Yöntemi Grup B Vücut Bölümleri Puanlaması

Tablo B		Gövde											
		1		2		3		4		5		6	
Boyun		Bacak											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1		1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2		2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3		3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4		5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6		8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Kaynak: (Middlesworth, 2019)

Tablo 2.10. RULA Yöntemi Genel Puanlama

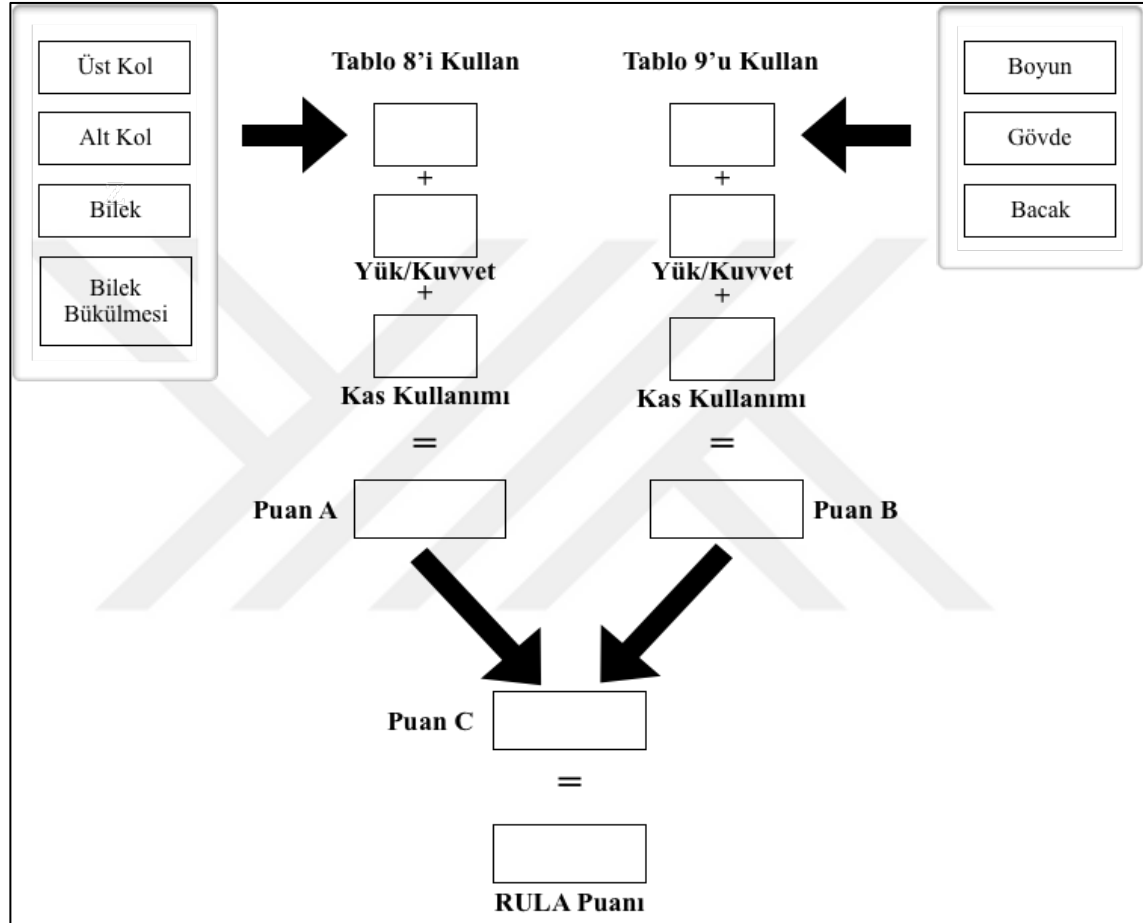
Tablo C		Boyun, Gövde, Bacak						
		1	2	3	4	5	6	7+
Bilek / Kol	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Kaynak: (Middlesworth, 2019)

Tablo 2.11. RULA Yöntemi İlave Puanlama

Yük/Kuvvet Puanlaması		Kas Kullanım Puanlaması	
Skor	Tanım	Skor	Tanım
0	Yük <2 kg (ara ara)	1	1 dakikadan fazla bir süre statik olma veya dakikada 4'den fazla tekrar etme
1	2 kg ≤Yük <10 kg (ara ara)		
2	2 kg ≤Yük <10 kg (Statik ve tekrarlı)		
3	Yük ≥10 kg veya kuvvette hızlı artış		

Kaynak: (Middlesworth, 2019)



Şekil 2.6. RULA Yöntemi Puanlama Diyagramı (Middlesworth, 2019)

Tablo 2.12. RULA Yöntemi Eylem Seviyeleri

RULA Puanı	Risk Seviyesi	Eylem Seviyesi	Önem
1-2	İhmal Edilebilir	0	Gerekli Değil
3-4	Orta	1	Gerekli Olabilir
5-6	Yüksek	2	Kısa Süre İçerisinde Gerekli
7	Çok Yüksek	3	Acilen Gerekli

Kaynak: (Rahma ve Faiz, 2019)

3. Adım: Eylem Seviyesinin Belirlenmesi

RULA puanı hesaplandıktan sonra Tablo 2.12.'de yer alan Eylem Seviyeleri kullanılarak puanın risk seviyesi ve risk puanına göre uygulanması gereken eylem belirlenir.

2.2.3. QEC

QEC (Hızlı Maruziyet Değerlendirme) metodu ilk 1998 yılında Lee ve Buckle tarafından geliştirilmiştir. Yöntem belirli bir süre kullanıldıktan sonra, 2005 yılında David, Woods ve Buckle, 206 uygulayıcıdan aldıkları geri bildirimlere göre içeriği tekrar gözden geçirerek yönteme son şeklini vermiştir (G. David, Woods, Li, ve Buckle, 2008: 58). QEC' in Türkçe versiyonu ise 2008 yılında oluşturmuştur. Türkçe versiyonu, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde çalışan 20 temizlik görevlisi üzerinde uygulanarak güvenilirliği tekrardan incelemeye alınmıştır. İnceleme neticesinde yöntemin güvenilir olduğu açıklanmıştır (Özcan, Kesiktas, Alptekin ve Özcan, 2008).

QEC yöntemi, öğrenim basitliği, kullanım kolaylığı, değişiklikleri önceliklendirmesi gibi çeşitli avantajları bünyesinde barındırmaktadır. Yöntem, çalışanın en çok hangi işlerde zorlandığının anlaşılmasına, zorlanmaların temel nedenlerinin tespit edilmesine katkı sunmaktadır. Yöntemde hem genel vücut risk puanı hem de vücut bölümleri için alt puanlar belirlenmektedir. Bu alt puanlara göre vücut bölümlerinin risk seviyeleri tespit edilebilmektedir (İnalçuk, 2019). Bunlara ek olarak yöntemde hem çalışandan hem de gözlemciden girdi alınarak çift taraflı bir değerlendirme yapılmaktadır (Alici, Ulusu, Atıcı ve Gündüz, 2017).

QEC yöntemi yayımlandığı günden bu yana farklı sektörlerde çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Ericsson, Björklund ve Wahlström (2012), bir hastanedeki farklı meslek gruplarıyla yaptıkları pilot çalışmada, QEC yönteminin uygulanabilirliğini test etmeye çalışmışlardır. 23 çalışanın gözlemlendiği çalışmada, QEC yöntemini test etmek amacıyla, en yaygın yapılan işle, en yorucu kabul edilen iş arasındaki maruziyet seviyeleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda QEC yönteminin, boyunda, üst ekstremitelerde ve beldeki fiziksel risk faktörlerini kapsayan hızlı, mantıklı ve pratik bir risk değerlendirme aracı olma beklentilerini karşıladığı ortaya konmuştur.

Rahmani, Shahnavazi, Fazli, ve Ghasemi (2020) çimento fabrikasındaki çalışanların kas ve iskelet sistemi rahatsızlık düzeylerini belirlemek için QEC yöntemini kullanarak çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaya 150 kişinin katılımı sağlanmıştır. Araştırma sonucunda organlarda oluşan kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarını tespit etmede QEC yönteminin iyi bir belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir.

Bulduk, Bulduk, Süren, ve Ovalı (2014) Ankara’da günde yaklaşık 10-12 saat çalışan taksi şoförlerine, yaşadıkları KİSR’nin nedenlerini belirlemek için QEC yöntemi uygulamışlardır. Çalışmaya 382 taksi sürücüsü katılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, taksi şoförlerinde risklerin yüksek olduğu görülmüştür. Dengesiz duruşlar, tekrarlanan hareketler, titreşim, yola sürekli dikkat ve işle ilgili stres KİSR’e neden olan ana risk faktörleri olarak belirlenmiştir.

İnalçuk, (2019) Metal Endüstrisinde faaliyet gösteren işletmedeki çalışanlar üzerindeki ergonomik risklerin potansiyel etkilerini araştırmak amacıyla tez çalışması yapmıştır. 47 mavi yakalı çalışan üzerinden gerçekleştirilen araştırmada, ergonomik riskler QEC yöntemi ile araştırılmıştır. Belirlenen ergonomik riskleri ortadan kaldırmak için iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Çeşitli sektörlerde başarılı bir şekilde kullanılan QEC yönteminin, Sukadarın vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, duruş pozisyonlarına ilişkin riskleri değerlendirmede yetersiz olduğu belirlenmiştir. Çalışmada palmiye yağı işçilerinin maruz kaldıkları ergonomik risk faktörleri, QEC yöntemi kullanarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Palmiye yağı işçilerinin, taze meyve salkımı toplarken birçok uygunsuz duruş problemlerine maruz kaldıkları gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda QEC yönteminde bacak değerlendirmesinin eksik olması, itme ve çekme değerlendirmesinin yapılmaması gibi kısıtların olduğu belirlenmiştir. Bu nedenlerden ötürü QEC yönteminin özellikle uzun ağaçlardaki meyveleri hasat sırasında ortaya çıkan duruşların analizinde yetersiz olduğu ifade edilmiştir.

QEC ölçeği ile işçilerin maruz kaldıkları risk düzeyi belirlenebilmektedir. Yöntem, ergonomik iyileştirme gereken işlerin sıralanmasına yardımcı olur ve uygulamaya konan ergonomik planın değerlendirmesine olanak sağlar. Hem çalışana hem de gözlemciye rehberlik eden yöntemde, gözlemciye ait 18, çalışana ait 25 madde bulunmaktadır.

Maddelere verilen yanıtlardan bir puan tablosu oluşturulur. Maruziyetin düzeyleri puanlara göre belirlenir. Yöntem farklı iş kollarındaki çalışanların maruz kaldıkları riskleri değerlendirmek için kullanılabilir (Özcan, 2011). QEC yönteminin uygulanması 5 adımda gerçekleşmektedir (G. Li ve Buckle, 2004):

- Eğitim
- Gözlemcinin Kontrol Listesini Doldurması
- Çalışanın Kontrol Listesini Doldurması
- Maruziyet Puanlarının Hesaplanması
- Eylemlerin Değerlendirilmesi

1. Adım: Eğitim

QEC yöntemi ilk kez kullanacakların kontrol listesinde kullanılan terminolojiyi ve değerlendirme kategorilerini anlaması için eğitilmesi gerekmektedir. Deneyimli kullanıcılar 1. adımı atlayabilir.

2. Adım: Gözlemcinin Kontrol Listesini Doldurması

QEC kullanıcısı (gözlemci) belirli bir görev için risk değerlendirmesini kontrol listesindeki “Gözlemcinin Değerlendirmesi” tarafını kullanarak gerçekleştirmektedir. Şekil 2.7.’deki kontrol listesinde değerlendirme öğeleri açıkça belirtilmiştir. Değerlendirme yapılmadan önce en az bir tam çalışma döngüsü gözlemlenir. Bir iş çoklu görevlerden oluşuyorsa, her görev için ayrı ayrı değerlendirme yapılabilir. Bir iş kolaylıkla alt görevlere ayrılamıyorsa, söz konusu işin yapılması sırasında vücudun herhangi bir bölümüne en fazla yüklenmesine yani o işin içerisindeki “en kötü” durum gözlemlenmelidir. Değerlendirme doğrudan gözlem veya video görüntüleri kullanılarak yapılabilir.

3. Adım: Çalışanın Kontrol Listesini Doldurması

2. adımda gözlemlenen çalışan Şekil 2.7.’deki kontrol listesinin ‘Çalışanın Değerlendirmesi’ tarafını doldurur.

GÖZLEMÇİNİN DEĞERLENDİRMESİ		ÇALIŞANIN DEĞERLENDİRMESİ	
Sırt		Çalışanlar	
A	Görev yapılırken bel (en kötü hali seçiniz):	H	Görev yapılırken elle kaldırdığımız en fazla ağırlık?
A1	Hemen hemen doğal mı?	H1	Hafif (5 kg veya daha az)
A2	Orta derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü?	H2	Orta (6-10 kg)
A3	Aşırı derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü?	H3	Ağır (11-20)
Aşağıdaki iki görev seçeneğinden YALNIZCA BİRİNİ seçiniz:		H4	Çok ağır (20 kg' den fazla)
B	1)Ya sabit oturularak ya da ayakta yapılan görevler. Sırt çoğunlukla sabit mi?	J	Görevi yaparken günde ortalama ne kadar zaman harcıyorsunuz?
B1	Hayır	J1	2 saatten daha az
B2	Evet	J2	2-4 saat
2)Ya da kaldırma, itme/çekme, ve taşıma görevleri esnasında sırtın hareketi:		J3	4 saatten daha fazla
B3	Nadiren (dakikada yaklaşık üç kez veya daha az)	K	Görev yapılırken, bir elle uygulanan en fazla güç?
B4	Sık (dakikada yaklaşık sekiz kez)	K1	Düşük (1 kg' dan az)
B5	Çok sık (dakikada yaklaşık on iki kez veya daha fazla)	K2	Orta (1-4 kg)
Omuz/Kol		K3	Yüksek (4 kg' den fazla)
C	Görev yapılırken eller (en kötü hali seçiniz):	L	Görevin gerektirdiği görsel dikkat:
C1	Bel seviyesinde ya da daha aşağı mı?	L1	Düşük (ince ayrıntı gerektirmiyor)
C2	Yaklaşık göğüs seviyesinde mi?	*L2	Yüksek (bazı ince ayrıntılar görülmeli)
C3	Omuz seviyesinde veya daha yukarıda mı?	*Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz.	
D	Omuz/kol hareketleri:	M	Görevde günlük taşıt kullanma süreniz:
D1	Nadiren (aralıklı)	M1	Bir saatten daha az ya da hiç mi?
D2	Sık (bazı duraklamalarla düzenli hareket)	M2	Günde 1-4 saat mi?
D3	Çok sık (hemen hemen sürekli hareket)	M3	Günde 4 saatten fazla mı?
Bilek/El		N	Görevinizde titreşimli alet kullanma süreniz:
E	Görev yapılırken (en kötü hali seçiniz):	N1	Bir saatten daha az ya da hiç mi?
E1	Yaklaşık düzgün bilek pozisyonu mu?	N2	Günde 1-4 saat mi?
E2	Eğilmiş ya da dönmüş bilek pozisyonu mu?	N3	Günde 4 saatten fazla mı?
F	Benzer tekrarlı hareketler:	P	Bu görevi yaparken zorluk çekiyor musunuz?
F1	Dakikada 10 ya da daha az mı?	P1	Hiçbir zaman
F2	Dakikada 11- 20 mi?	P2	Bazen
F3	Dakikada 20 fazla mı?	*P3	Sık sık
Boyun		*Eğer sık sıkça aşağıda detayları belirtiniz.	
G	Görev yapılırken baş/boyun eğilmiş ya da dönmüş mü?	Q	Genel olarak bu işi nasıl buluyorsunuz?
G1	Hayır	Q1	Hiç stresli değil mi?
G2	Evet, bazen	Q2	Biraz stresli mi?
G3	Evet, sürekli	Q3	Orta stresli mi?
* L:		*Q4	Çok stresli mi?
* P:		*Eğer orta veya çoksa aşağıda detayları belirtiniz.	
* Q:			

Şekil 2.7. QEC Yöntemi Kontrol Listesi (Koç ve Testik, 2016)

4. Adım: Maruziyet Puanlarının Hesaplanması

Maruziyet puanının hesaplanmasında Tablo 2.13.'deki çizelge kullanılır ve değerlendirilen her bir görev için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir:

- “Gözlemci Değerlendirmesi” ve “Çalışan Değerlendirmesi” yanıtlarına karşılık gelen tüm harfler daire içine alınır.
- Daire içine alınmış her harf çiftinin kesişim noktasındaki sayılar işaretlenir ve bu sayılar harf çiftleri için ayrılan puan kutucuğuna yazılır.
- Puan kutucuklarına yazılan puanlar toplanarak sırt, omuz/kol, bilek/el ve boyun için toplam maruziyet puanları hesaplanır.

Tablo 2.13. QEC Yöntemi Maruziyet Puanı Çizelgesi

Sırt	Omuz/Kol	Bilek/El	Boyun
Sırt duruşu (A) ve Ağırlık (H) A1 A2 A3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 1	Yükseklik (C) ve Ağırlık (H) C1 C2 C3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 1	Tekrarlı hareket (F) ve Kuvvet (K) F1 F2 F3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10 Puan 1	Boyun duruşu (G) ve Süre (J) G1 G2 G3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 1
Sırt duruşu (A) ve Süre (J) A1 A2 A3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 2	Yükseklik (C) ve Süre (J) C1 C2 C3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 2	Tekrarlı hareket (F) ve Süre (J) F1 F2 F3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 2	Görsel dikkat (L) ve Süre (J) G1 G2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8 Puan 2
Süre (J) ve Ağırlık (H) J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 3	Süre (J) ve Ağırlık (H) J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 3	Süre (J) ve Kuvvet (K) J1 J2 J3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10 Puan 3	Boyun için toplam puan Puan 1 ve puan 2 toplamı:
Elle taşıma yoksa sadece 4'ü elle taşıma varsa 5 ve 6'yı işaretleyiniz. Statik duruş (B) ve Süre (J) B1 B2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8 Puan 4	Sıklık (D) ve Ağırlık (H) D1 D2 D3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 4	Bilek duruşu (E) ve Kuvvet (K) E1 E2 K1 2 4 K2 4 6 K3 6 8 Puan 4	Taşıt Kullanımı M1 M2 M3 1 4 9 Taşıt kullanımı için toplam puan:
Sıklık (B) ve Ağırlık (H) B3 B4 B5 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 Puan 5	Sıklık (D) ve Süre (J) D1 D2 D3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 5	Bilek duruşu (E) ve Süre (J) E1 E2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8 Puan 5	Titreşim M1 M2 M3 1 4 9 Titreşim için toplam puan:
Sıklık (A) ve Süre (J) B3 B4 B5 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 Puan 6 Sırt için toplam puan 1'den 4'e kadar puanların toplamı veya 1'den 3'e + 5 ve 6 puanların toplamı:	Omuz/Kol için puan toplamı 1'den 5'e tüm puanların toplamı:	Bilek/El için puan toplamı 1'den 5'e tüm puanların toplamı:	İş Temposu P1 P2 P3 1 4 9 İş temposu için toplam puan:
			Stres Q1 Q2 Q3 Q4 1 4 9 16 Stres için toplam puan:

Kaynak: (Koç ve Testik, 2016)

Tablo 2.14. QEC Yöntemi Eylem Seviyeleri

QEC Puanı	Risk Seviyesi	Eylem Seviyesi	Önem
≤40%	Düşük	0	Kabul Edilebilir
41-50%	Orta	1	Daha Fazla İncelenmeli
51-70%	Yüksek	2	Daha Fazla İncelenmeli ve Değişiklik Yapılmalı
>70%	Çok Yüksek	3	İncelenmeli ve Acilen Değişiklik Yapılmalı

Kaynak: (Rahma ve Faiz, 2019)

5. Adım: Eylemlerin Değerlendirilmesi

Her bir vücut bölümü için maruziyet puanları hesaplandıktan sonra genel maruziyet seviyesi (E) puanı hesaplanmaktadır. Elle taşıma olan ve olmayan görevler için iki farklı E puanı hesaplanmaktadır. E puanının yüzdelerik değeri, değerlendirme sonucunda hesaplanan puanın (X), muhtemel en büyük toplam puana (X_{max}) bölünmesi ile elde edilmektedir. Hesaplanan E puanı için Tablo 2.14.'de belirtilen önlemler dikkate alınarak uygulamalar yapılmaktadır. Elle taşıma görevleri için $X_{maxMH} = 176$, elle taşıma olmayan görevler için $X_{max} = 162$ 'dir.

$$E (\%) = X/X_{max} \times 100\% \text{ (Koç ve Testik, 2016)}$$

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. CIVATA FABRİKASINDA ERGONOMİK RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Bu çalışmanın uygulama kısmında Malatya 2. Organize sanayinde civata imalatı yapan bir fabrikada ergonomik risk değerlendirme yöntemleri aracılığıyla bir araştırma gerçekleştirilmiştir.

3.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

İmalat işletmelerinde çalışanın verimliliğine olumsuz etkileri olan birçok problemle karşılaşılabilir. Bu problemlerin belirlenmesi ve çözülmesi, hem iş gören hem de işveren memnuniyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, Malatya 2. Organize sanayinde civata imalatı yapan bir fabrikada çalışanlarda kas ve iskelet zorlanmasına sebep olan süreçleri, ergonomik risk değerlendirme yöntemleri aracılığıyla incelemek, ergonomik açıdan riskli uygulamaları belirlemek ve bu uygulamaların iyileştirilmesine yönelik çalışan verimliliğini artırabilecek öneriler sunmak çalışmanın ana amaçları arasındadır.

Bu çalışma, fabrikadaki verimliliğe olumsuz yönde etki eden ergonomik risklerin belirlenmesi ve iyileştirmesine yönelik önerilerin geliştirilebilmesi açısından önemli olacaktır. Bu çalışmayla fabrika, eksiklerini görme ve iyileştirme fırsatı bulacaktır. Ayrıca çalışma benzer fabrikalar için problemlere sistematik yaklaşım açısından örnek olma özelliği taşıyacaktır.

Ergonomik risklerin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ergonomik risk unsurları bir veya iki yöntemle incelenmiştir. Ayrıca önceki çalışmalarda gözleme dayalı fotoğraflama yöntemleriyle veriler toplanmaya çalışılmıştır. Bu tür incelemeler anlık gözlemle olduğu için çalışanlarda baskı oluşturmakta ve gözlemciyi yanıltabilmektedir. Bununla birlikte gözlemci üzerinde iş yerindeki çevresel koşullar ve kısa çevrim süreleri nedeniyle baskı artacak, ölçümde, kayıta ve hesaplamada hatalar ortaya çıkabilecektir. Bu çalışmada ise risk unsurlarının birden fazla yöntemle değerlendirilmesi ve kamerayla incelemelerin yapılması çalışmanın özgün değerini

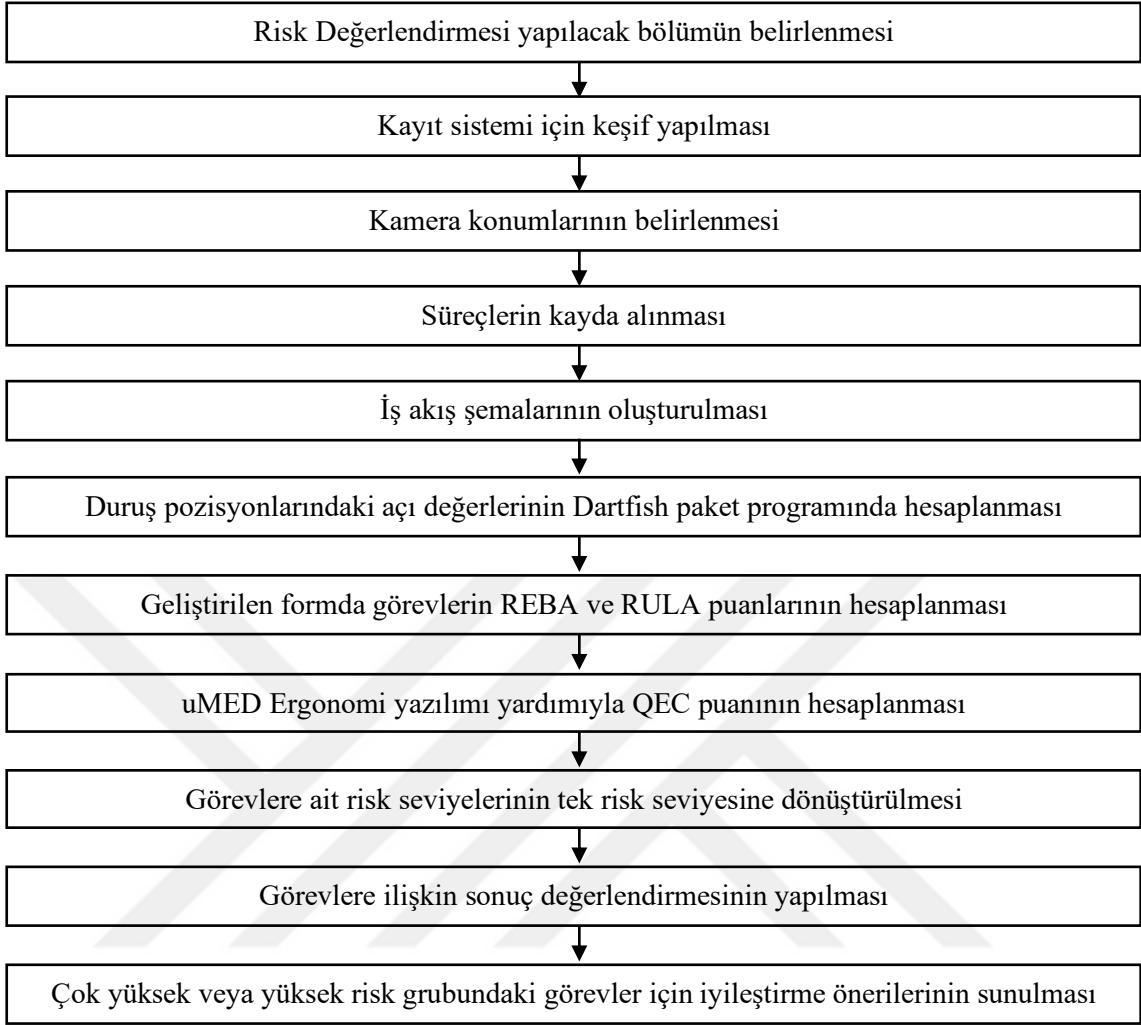
oluşturmaktadır. Malatya sanayinde benzer bir çalışmaya rastlanmamış olması çalışmanın diğer işletmeler için de farkındalık oluşturması açısından son derece önemlidir. Bununla beraber, uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede problemlerin belirlenmesi ve analizlerin yapılması sistematik olarak ele alındığından farklı sektörlerde de uygulanabilecek bir model ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede modelin hem literatüre hem de bölgesel ekonominin gelişmesine katkı sağlayacağını ifade etmek mümkündür.

3.2. Araştırmanın Yöntemi ve Kısıtları

Araştırmada belirlenen amaçlara ulaşabilmek için nitel ve nicel yöntemler kullanılmıştır. Uygulanabilirlik ve operasyonların fazlalığı açısından bütün bölümlerde bir risk değerlendirmesinin yapılması mümkün olmamıştır. Bu nedenle emeğin en yoğun olduğu tel çekme bölümünün seçilmesi araştırmada bir kısıt oluşturmuştur.

Nitel yöntem kapsamında mevcut durumun analiz edilmesine ve problemlerin belirlenmesine yönelik keşfedici bir araştırma yürütülmüştür. Keşfedici araştırma sürecinde, tel çekme bölümünde yer alan bütün süreçlerde gözlemler gerçekleştirilmiş, başta üst düzey yetkililer olmak üzere ilgili çalışanlarla görüşmeler yapılmıştır. Yine sistemin öğrenilmesi ve mevcut durumun daha iyi analiz edilebilmesi için dokümantasyon incelemeleri yapılmıştır. ,

Nicel yöntem kapsamında ise REBA RULA ve QEC yöntemleri ile duruş pozisyonlarının risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çerçevede video kamerası ile kayıt altına alınan süreçler, ofis ortamında izlenip değerlendirilmiştir. Kayıtlarda iş yapımı esnasında ortaya çıkan duruşlar, ekran fotoğrafı alınarak incelenmiştir. Ekran fotoğraflarında yer alan duruşlara ilişkin kol, bacak, boyun ve bel açı değerleri, Dartfish paket programı yardımıyla hesaplanmıştır. REBA ve RULA yöntemlerinde duruşlara ilişkin tekrar sayıları göz ardı edilmekte ve çalışan görüşleri yer almamaktadır. Bu nedenle duruş sıklığını ve çalışanın görüşünü dikkate alan QEC yöntemi üçüncü bir yöntem olarak kullanılmıştır. RULA ve REBA puanları hazırlanan şablon yardımıyla hesaplanırken, QEC puanları uMED Ergonomi yazılımının kullanımıyla hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan uygulama modeli Şekil 3.1.'deki gibidir.



Şekil 3.1. Uygulama Modeli

3.3. Mevcut Durum Analizi

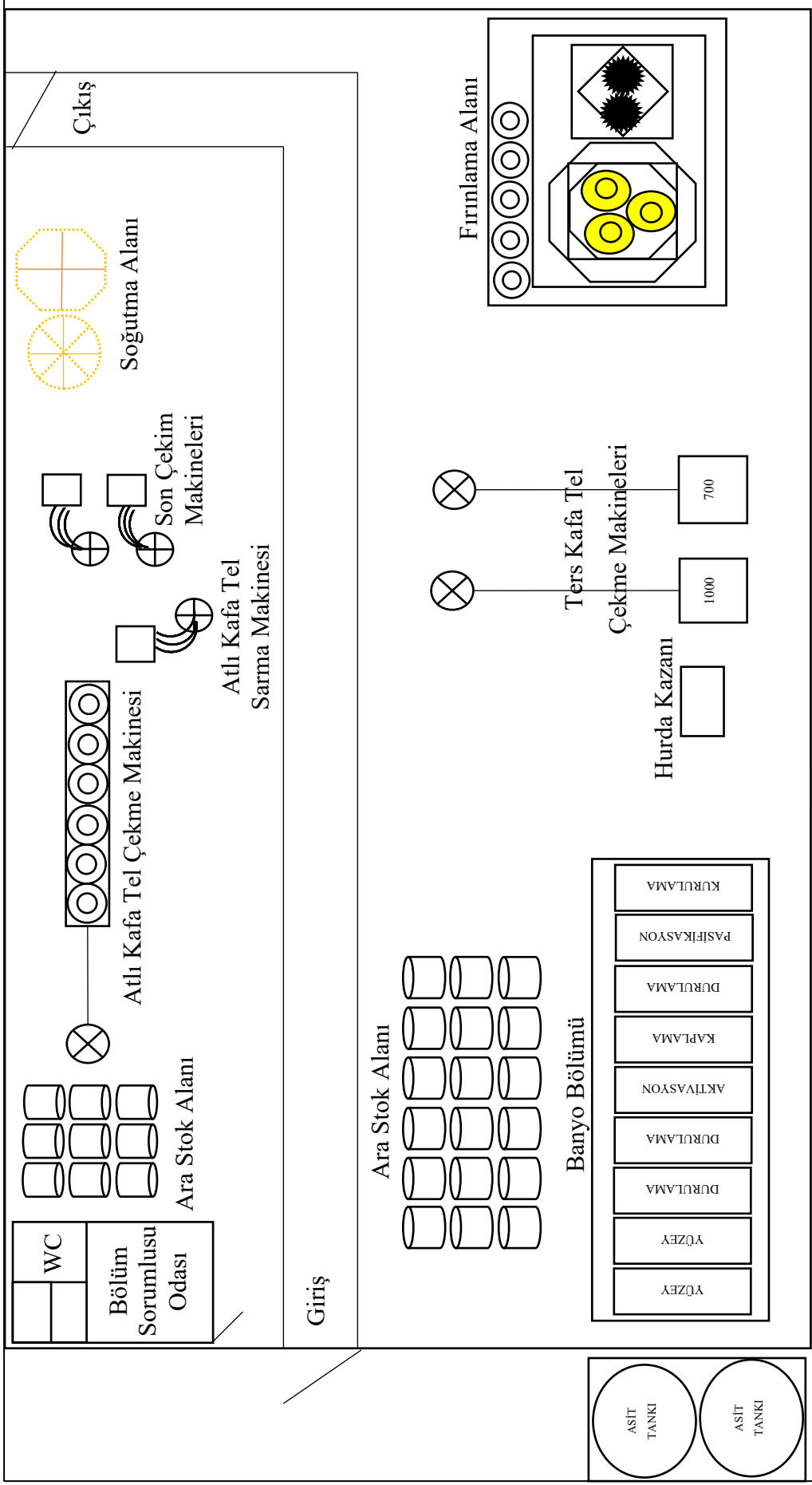
İşletme, Malatya 2. Organize Sanayi Bölgesi'nde bağlantı elemanları sektöründe faaliyet göstermektedir. 39.379 m² arazi üzerine kurulu olan işletmenin 18.571 m² kapalı alanı bulunmaktadır. İşletme, 2020 yılı itibari ile 224 çalışanla, aylık ortalama 762 ton üretim gerçekleştirmektedir.

Araştırma kapsamında ele alınan tel çekme bölümünde ise 9 çalışanla günlük ortalama 40-45 ton tel çekimi gerçekleştirilmektedir. Bölüme ait yerleşim planı Şekil 3.2.'de verilmiştir. 4,5-28 mm çap aralığında ve farklı özelliklerde kangal haldeki teller, tel çekme bölümünde istenen özelliklere göre çekilerek cıvata, vida ve somun üretimi için hazır hale getirilmektedir. Bölümde yüzey temizliği için havuzlar, çan tipi fırın, altı kafa

çoklu çekim makinesi, ters kafa çekim makineleri ve son çekim makineleri yer almaktadır. Bağlantı elemanlarının üretiminde kullanılacak teller kullanım alanlarına göre tavlı ve tavsız olmak üzere iki türde çekilmektedir. Tavlı olarak ifade edilen tel çekimi, fırınlama işleminin olduğu tavsız ise fırınlama işleminin olmadığı süreçtir. Bölümde kullanılan el aletleri de Şekil 3.3.'de verilmiştir.

Kapasite kullanım oranı üretim planlama açısından büyük öneme sahiptir. Kapasite kullanım oranı fiili kapasitenin normal kapasite içerisindeki yüzdelik oranı ile belirlenebilmektedir. Fiili kapasite miktarı fabrika genelinde günlük ortalama 30 ton, tel çekme bölümünde günlük ortalama 40-45 ton olarak gerçekleşmektedir. Normal kapasite miktarlarına bakıldığında ise fabrika genelinde 51 ton, tel çekme bölümünde yaklaşık 200-225 ton olarak hesaplanmaktadır. Bu rakamlardan kapasite kullanım oranları hesaplandığında fabrika genelinde %60 iken, tel çekme bölümünde %20 olduğu görülmektedir. Tel çekme bölümünde fabrika geneline göre düşük kapasite ile çalışılması insan gücü kapasitesinden ve talep miktarından kaynaklanmaktadır. Hali hazırda tel çekme bölümünde bu oran fabrika genelinde herhangi bir duraksamaya neden olmasa da optimum kapasiteye ulaşma noktasında çalışmalar devam etmektedir.

Fabrika ortamında yaşanan iş kazaları, çalışanların motivasyon ve performanslarının düşmesine, işverenlerin ise tazminat ve sağlık giderleri gibi çeşitli maliyetlerle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Özellikle emeğin yoğun olduğu işletmelerde iş kazaları daha fazla yaşanmaktadır. Her işletmede olduğu gibi bu fabrikada da zaman zaman iş kazaları yaşanmaktadır. Fabrika genelinde 2019 yılı itibariyle 29 kez iş kazası yaşanmış ve bu iş kazalarında toplamda 135 gün iş göremezlik raporu alınmıştır. Tel çekme bölümündeki rakamlara bakıldığında ise yıllık yaklaşık 4-5 defa iş kazası yaşanmış ve bu iş kazaları sebebiyle ortalama 19 gün iş göremezlik raporu alınmıştır.



Şekil 3.2. Tel Çekme Bölümü Yerleşim Planı

<p>Elektrikli Küçük Taşlama</p>  <p>2 Kg</p>	<p>Elektrikli Büyük Taşlama</p>  <p>5 Kg</p>	<p>Havali Taşlama</p>  <p>2,5 Kg</p>
<p>Kantar</p>  <p>12, 5 Kg</p>	<p>Düzeltilme Borusu</p>  <p>2,5 Kg</p>	<p>Büyük Kesme Makası</p>  <p>5 Kg</p>
<p>Küçük Kesme Makası</p>  <p>1,5 Kg</p>	<p>Kurbağacık Anahtarı</p>  <p>1 Kg</p>	<p>700'lük Makine Çektirme</p>  <p>3 Kg</p>
<p>1000'lik Makine Çektirme</p>  <p>11,5 Kg</p>	<p>İki Ağız Anahtar</p>  <p>0,5 Kg</p>	<p>Çekiç</p>  <p>2 Kg</p>

Şekil 3.3. Kullanılan El Aletleri ve Malzemeler

Araştırma çerçevesinde oluşturulan, 700'lük, 1000'lik, Altı Kafa ve Son Çekim makinelerine ait iş akış şemaları ve hesaplanan ortalama iş süreleri sırasıyla Tablo 3.2., Tablo 3.3., Tablo 3.4. ve Tablo 3.5.'de verilmiştir. Şemalarda kullanılan sembollerin tanımlamaları ise Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Sembol Tanımları

Sembol	Faaliyet	Tanım
●	İşlem	Prosesin başlıca adımları, malzemede fiziksel veya kimyasal değişiklik yapma, zihinsel olarak planlama ve hesaplama işlemleri
➔	Taşıma	İşçi, malzeme veya araçların bir yerden başka bir yere hareketi veya taşınması
■	Kontrol	Kalite ve miktar açısından yapılan kontroller
◐	Bekleme	Ardışık işlemler arasında işin veya işçinin beklemesi
▼	Depolama	Malzemenin izinsiz alınamayacak şekilde depolanması

Kaynak: (Sabir, Bebekli ve Zenbilci, 2014)

700'lük Makine

- Vida, somun ve cıvata bölümünde işlenen tellerin çekimi için kullanılmaktadır.
- Her gün kullanılmaktadır.
- Dakikada 120 metre tel çekme kapasitesine sahiptir.
- Tavlı ve tavsız tel çekimi yapılabilmektedir.
- Tel çekiminden önce tel çapı minimum 5.5 mm maksimum 10 mm'dir. Tel çekimi sonucunda oluşan tel çapı minimum 4.20 mm maksimum 9.80 mm'dir. Makinedeki çekim oranı maksimum %10'dur.
- Makinede tel çekildikten sonra cıvata, somun ve vida üretiminde kullanılmak üzere ilgili bölüme gönderilmektedir.

Tablo 3.2. 700'lük Makine İş Akış Şeması

Adım No	Süre	●	➔	■	◐	▼	Adım Tanımı
1	45 sn		X				Yüzeyi temizlenmiş filmaşın, vinç yardımıyla döner tabloya yakın bir yere getirilir.
2	10 sn	X					Tel makası ile filmaşın karşılıklı iki bağı kesilir.
3	2 dk 13 sn	X					Filmaşın vinç yardımıyla tel vericiye yerleştirilir.
4	1 dk 51 sn	X					Belirtilen ölçüye uygun hadde, hadde yuvasına takılır.

Adım No	Süre	●	➔	■	◐	▼	Adım Tanımı
5	14 sn	X					Tel makası ile filmaşın geriye kalan iki bağı da kesilir.
6	16 sn	X					Telin ucu bulunarak uç yapma makinesine getirilir.
7	16 sn	X					Telin ucu, uç yapma makinesinde haddeden geçecek şekilde inceltir.
8	21 sn	X					Telin ucu haddeden geçirilerek kafa altına kadar getirilir.
9	6 sn	X					Çektirme kafanın üzerindeki yuvaya yerleştirilerek ucuna tel sıkıştırılır.
10	4 sn	X					Tel kafa üzerinde 1 tur sardırılır.
11	7 sn			X			Tel ölçüsü kontrol edilir.
12	9 sn	X					Tel kafa üzerinde 5-6 tur sardırılır.
13	4 sn	X					Çektirme çıkartılır.
14	47 sn		X				Vinç yardımıyla boş sepet, kafa altına giren çıkan bantlı döner sehpaaya yerleştirilir.
15	1 dk 6 sn	X					Telin ucu sepete bağlanır.
16	1 sn	X					Makine çalıştırılır.
17	48 sn	X					Sabun kutusuna sabun ilave edilir.
18	1 sn	X					Sepet dolunca makine durdurulur.
19	5 sn	X					Sepet ile kafa arasındaki tel kesilir.
20	7 sn			X			Tel ölçüsü kontrol edilir.
21	13 sn	X					Bantlı döner sehpa, ileri geri buton yardımıyla kafa altından çıkartılır.
22	17 sn	X					Vince takılan kantar ucuyla dolu sepet ağırlığı ölçülür.
23	1 dk 32 sn		X				Dolu sepet, vinç yardımıyla ara stok alanına götürülür.

1000'lik Makine

- Somun ve cıvata bölümünde işlenen tellerin çekiminde kullanılmaktadır.
- Her gün kullanılmaktadır.
- Dakikada 33 metre tel çekimi yapılmaktadır.
- Tavlı ve tavsız tel çekimi yapılabilmektedir.
- Tel çekiminden önce tel çapı minimum 10 mm maksimum 28 mm'dir. Tel çekimi sonucunda oluşan tel çapı minimum 8.78 mm maksimum 26.30 mm'dir. Makinedeki çekim oranı maksimum %10'dur.
- Makinede tel çekildikten sonra somun ve vida üretiminde kullanılmak üzere ilgili bölüme gönderilmektedir.

Tablo 3.3. 1000'lik Makine İş Akış Şeması

Adım No	Süre	●	➔	■	◐	▼	Adım Tanımı
1	45 sn		X				Yüzeyi temizlenmiş tel, vinç yardımıyla döner tabloya yakın bir yere getirilir.
2	2 dk 15 sn	X					Tel makası ile telin bağları kesilir.
3	19 sn		X				Kesilen bağ telleri hurda kazanına atılır.
4	1 dk 16 sn	X					Halka şeklindeki telin uç kısmından 3-4 metre kadar doğrultulur.
5	45 sn		X				Ucu doğrultulan tel, vinç yardımıyla makineye yakın bir yere getirilir.
6	1 dk	X					1,5 metre uzunluğunki hadde çapı ölçüsüne uygun tel doğrultulur.
7	39 sn	X					Kaynak makinesi üstüne birbirine kaynatılacak teller sabitlenir.
8	1 dk 6 sn	X					Hadde çapı ölçüsüne uygun tel, doğrultulan telin uç kısmına kaynatılır.
9	1 dk 6 sn	X					Belirtilen ölçüye uygun hadde, yuvasına takılır.
10	2 dk 53 sn	X					Kaynak yeri taşlanarak yuvarlatılır.
11	4 sn			X			Taşlanan yer göz gezdirerek kontrol edilir.
12	48 sn	X					Sabun kutusuna sabun doldurulur.
13	49 sn	X					Telin ucu vinç desteğiyle haddeden geçirilerek kafa altına kadar getirilir.
14	29 sn	X					Telin ucu çektirmeye takılabilmesi için hazırlanır.
15	12 sn	X					Çektirme kafanın üzerindeki yuvaya yerleştirilir.
16	9 sn	X					Çektirmenin diğer ucu telin ucuna bağlanır.
17	54 sn		X				Makinanın yakınındaki tel sepeti vinç yardımıyla döner tablo üzerine yerleştirilir.
18	38 sn	X					Vincin askıda tuttuğu tel, makine kafasının üzerinde 5-6 spin (tur) sardırılır.
19	0 sn	X					Makina durdurulur.
20	3 sn	X					Sağ ve sol pistonlar kapama butonlarına basılarak kapatılır.
21	5 sn			X			Ölçü kontrolü yapılır.
22	0 sn	X					Ölçü, tel çekme kontrol formuna kaydedilir.
23	1 dk 31 sn	X					Çektirme çıkartılır.
24	1 dk 55 sn		X				Vinç yardımıyla boş sepet, kafa altına giren çıkan bantlı döner sehpa üzerine yerleştirilir.
25	30 sn	X					Sehpa, ileri geri buton yardımıyla kafa altına getirilir.
26	46 sn	X					Telin ucuna kaynatılan tel, spiralle kesilir.
27	0 sn	X					Makina çalıştırılır.

Altı Kafa Makine

- Vida üretiminde kullanılacak tellerin çekiminde kullanılmaktadır.
- Her gün kullanılmaktadır.
- Dakikada maksimum 720 metre tel çekimi yapılabilmektedir.

- Makinede sadece tavsız tel çekilmektedir.
- Tel çekiminden önce tel çapı minimum 4.5 mm maksimum 6 mm'dir. Tel çekimi sonucunda oluşan tel çapı minimum 2.35 mm maksimum 4 mm'dir. Makinedeki çekim oranı maksimum %39'dur.
- Makinede tel çekildikten sonra sırasıyla fırın, banyo ve son çekim makinesine gitmektedir.

Tablo 3.4. Altı Kafa Makine İş Akış Şeması

Adım No	Süre	●	➔	■	◐	▼	Adım Tanımı
1	48 sn		X				Yüzeyi temizlenmiş filmaşın, vinç yardımıyla tel vericiye yakın bir yere getirilir.
2	8 sn	X					4 bağ telinden 1 bağı tel makası ile kesilir.
3	39 sn		X				Filmaşın vinç yardımıyla tel vericiye yerleştirilir.
4	41 sn	X					Filmaşın bütün bağ telleri tel maskası ile kesilir.
5	33 sn	X					Kesilen bağ telleri hurda kazanına atılır.
6	1 dk	X					Herbir haddeden geçen telin, çap ölçüleri sırayla alınır.
7	2 dk 46 sn	X					Kafa diblerindeki sabun kutularında biriken tel talaşı, süzgeç yardımıyla temizlenir.
8	25 sn	X					Haddelerden geçebilecek çaptaki tel, kaynak makinası üzerine sabitlenir.
9	16 sn	X					Çekimi yapılacak tel, kaynak makinesine sabitlenir.
10	14 sn	X					Haddeden geçebilecek tel ile çekimi yapılacak tel birbirine kaynatılır.
11	25 sn	X					Kaynak yapılan yer taşlanarak yuvarlatılır.
12	2 sn	X					Değişimi yapılacak ilk haddeden geçen tel, küçük makasla kesilir.
13	13 sn	X					Kesilen tel, değişimi yapılacak haddeden geriye çekilir.
14	1 dk 3sn	X					Değişimi yapılacak ilk haddeden sonraki haddeler, makine çalıştırılarak boşaltılır.
15	51 sn	X					1. kafa için hadde değişimi yapılır
16	24 sn	X					Kafa etrafına biriken tel talaşı temizlenir.
17	4 sn	X					Tel haddeden geçirilir.
18	2 sn	X					Tel takma kancası kafanın üzerindeki yuvaya yerleştirilir.
19	8 sn	X					Telin ucu tel takma kancasına sıkıştırılır.
20	48 sn	X					Sıkıştırılan tel manuel tuş yardımıyla kafaya 10 tur sardırılır.
21	7 sn	X					Tel takma kancası kafadan çıkartılır.
22	11 dk 50 sn	X					17, 18, 19, 20, 21, 22 ve 23. adımlar 6. kafanın sonuna kadar tekrarlanır.
23	53 sn	X					Tel makaralara sardırılır.
24	22 sn	X					Tel sarma makinesine takılır.

Adım No	Süre	●	→	■	◐	▼	Adım Tanımı
25	46 sn	X					Ön hazırlık düğmesine basılarak 5-6 tur sardırılır.
26	2 sn	X					Sarma makinesinin tamburu sepet ile birleştirilir.
27	5 sn	X					Telin ucu sepete bağlanır.
28	1 sn	X					Start butonu ile makine çalıştırılır.
29	2 sn	X					Sepet dolunca makine durdurulur.
30	1 sn	X					Sepet ile makine arasındaki tel kesilir.
31	2 sn	X					Sepet ile tambur birbirinden ayırt edilir.
32	13 sn	X					Dolan sepet transpalet yardımıyla boğaz altından alınır.
33	14 sn	X					Sepet vinç yardımıyla bağlama alanına götürülür.
33	14 sn		X				Sepet vinç yardımıyla bağlama alanına götürülür.
34	1 dk 37 sn* X 4	X					Tel dört yerinden bağlanır.
							* bir bağın tamamlanma süresi

Son Çekim Makinesi

- Vida bölümünde kullanılacak tellerin çekimi için kullanılmaktadır.
- Her gün kullanılmaktadır.
- Dakikada maksimum 155 metre tel çekilmektedir.
- Makinede sadece tavlı tel çekilmektedir.
- Tel çekiminden önce tel çapı minimum 2.35 mm maksimum 4 mm'dir. Tel çekimi sonucunda oluşan tel çapı minimum 2.18 mm maksimum 3.80 mm'dir. Makinedeki çekim oranı maksimum %5,4'dür.
- Makinede tel çekildikten sonra vida üretiminde kullanılmak üzere ilgili bölüme gönderilmektedir.

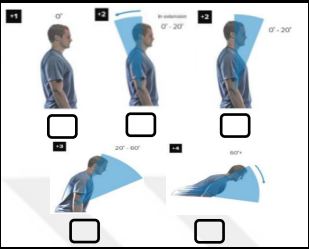
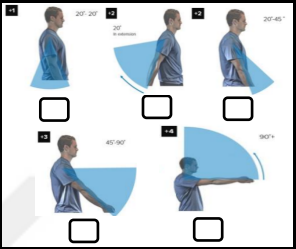
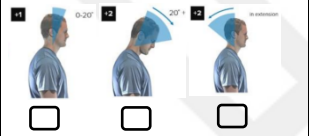
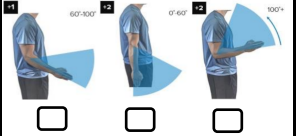
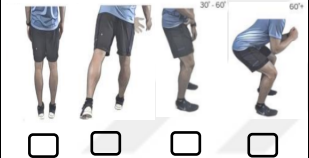
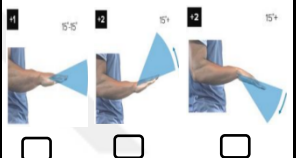
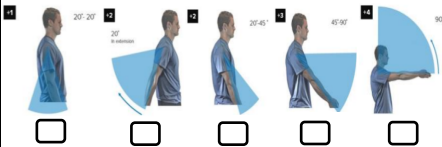
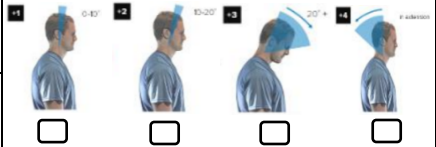
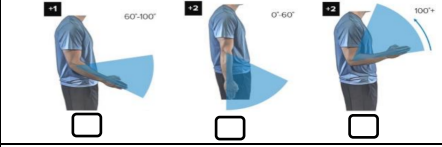
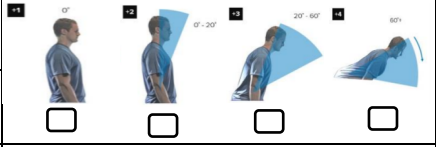


Tablo 3.5. Son Çekim Makine İş Akış Şeması

Adım No	Süre	●	→	■	◐	▼	Adım Tanımı
1	10 sn		X				Boş sepet yerine taşınır.
2	11 sn	X					Kaynak makinesine birbirine kaynatılacak teller sabitlenir.
3	8 sn	X					Tambur üzerindeki tel, sepete aktarılır.
4	18 sn	X					Arka hadde sökülür.
5	22 sn	X					Sabun kutusundaki sabun bir kaba alınır.
6	27 sn	X					Ön hadde sökülür.
7	7 sn	X					Birbirine kaynatılacak tellerin ucu taşlanır.
8	10 sn	X					Hadde çapına uygun tel, çekilecek telin ucuna kaynatılır.

Adım No	Süre	●	→	■	◐	▼	Adım Tanımı
9	40 sn	X					Kaynak yeri taşlanır.
10	17 sn	X					Tel ön haddeden geçirilerek makinenin arkasına kadar itilir.
11	3 sn	X					Ön hadde vidası sıkılır.
12	7 sn	X					Sabun kutusuna sabun koyulur.
13	14 sn	X					Tel makinenin arka tarafındaki makaralara sardırılır.
14	12 sn	X					Arka hadde değişimi yapılır.
15	2 sn	X					Telin ucu arka haddeden geçirilerek sarma tamburuna bağlanır.
16	14 sn	X					Tel, pedala basılarak sarma tamburuna 2 tur sardırılır.
17	8 sn			X			Telin çapı kontrol edilir.
18	8 sn	X					Arka hadde vidası sıkılır.
19	11 sn	X					Eklene tel kaynak yerinden kopartılır.
20	11 sn	X					Telin ucu tamburun altındaki sepete bağlanır.
21	2 sn	X					Makine çalıştırılır.
22	2 sn	X					Sepet dolunca makine durdurulur.
23	1 sn	X					Sepet ile makine arasındaki tel kesilir.
24	2 sn	X					Sepet ile tambur birbirinden ayırt edilir.
25	47 sn	X					Çekilmiş tel için etiket çıkartılır.
26	2 sn	X					Etiket tele takılır.
27	5 sn	X					Raylı sehpa üzerindeki dolu sepet çekilir.
28	17 sn	X					Vince takılan kantar ucuyla dolu sepet ağırlığı ölçülür.
29	28 sn		X				Dolu sepet, vinç yardımıyla ara stok alanına götürülür.
30	2 sn	X					Boş sepet raylı sehpa üzerine yerleştirilir.
31	3 sn	X					Raylı sehpa tambur altına itilir.
32	2 sn	X					Tambur sepet ile birleştirilir.
33	2 sn	X					Telin ucu tamburun altındaki sepete bağlanır.
34	1 sn	X					Makine çalıştırılır.

3.4. Risklerin Değerlendirilmesi

Mevcut durum analizi sürecinde tanımlamaları yapılan görevlere ilişkin risklerin değerlendirilmesi, araştırma kapsamında belirlenen REBA, RULA ve QEC yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilmelerin yapıldığı görevlere ait formlar Şekil 3.4.'deki gibi oluşturulmuş ve 10 göreve ilişkin değerlendirmeler sıralanmıştır.

Makine adı		RESİM				
Görev Tanımı						
	Gövde ()	Tablo A () + Yük/Kuvvet ()	Tablo B () + Kavrama ()	Tablo C () + Hareket () = 		Üst Kol ()
	Boyun ()				Alt Kol ()	
	Bacak ()	REBA puanı ()			Bilek ()	
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi			
	Üst Kol () İlave ()		Boyun () İlave ()			
	Alt Kol () İlave ()		Gövde () İlave ()			
	Bilek () İlave ()		Bacaklar ()			
Kas Kullanımı ()	Yük/Kuvvet ()	RULA puanı () QEC puanı ()		Kas Kullanımı ()	Yük/Kuvvet ()	

Şekil 3.4. Geliştirilen Değerlendirme Formu

Makine adı					
1000'lik Tel Çekme Makinesi					
Görev Tanımı					
Tel Bağını Üstten Kesme					
	Gövde (3)	Tablo A (4) +	Tablo B (8) +	Üst Kol (5)	
		Yük/Kuvvet (3)	Kavrama (1)		
		Tablo C (10)			
	Boyun (2)	+		Alt Kol (1)	
		Hareket (1)			
		=			
	Bacak (1)	REBA puanı (11)		Bilek (3)	
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		
	Üst Kol (4)		Boyun (1)		
	İlave (2)		İlave (1)		
	Alt Kol (2)		Gövde (2)		
	İlave (1)		İlave (1)		
	Bilek (3)		Bacaklar (1)		
	İlave (1)				
Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (3)	RULA puanı (7) QEC puanı (%63)		Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (2)

Şekil 3.5. Tel Bağını Üstten Kesme İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Tel bağı, telin dağılmaması için filmaşın(kangal) etrafını çevreleyen tellerden oluşmaktadır. Çekim makinesine girmeden önce filmaşın etrafındaki bağ telleri, makas yardımıyla kesilmektedir. Hemen hemen bütün çekimlerinden önce standart olarak yapılan bu işlem, makineden makineye, üründen ürüne farklı pozisyonlarda yapılabilmektedir. 1000'lik makineye ait görüntüdeki tel bağının üstten kesilmesi işi için yapılan değerlendirme Şekil 3.5.'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 11, RULA puanı 7, QEC puanı %63 olarak hesaplanmıştır. Bu iş için hesaplanan puanlara ilişkin eylem düzeylerine bakıldığında; REBA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, RULA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, QEC puanına göre riskin yüksek olduğu ve işin daha fazla incelenerek kısa süre içerisinde düzeltilmesi gerektiği görülmektedir. Değerlendirmede risk puanlarını yükselten etkenler, çalışanın kullandığı kesme makasının ağırlığı, kesme işlemi için ihtiyaç duyulan anlık güç artışı ve kolun omuz hizasından yüksekte olmasıdır.

Bağ telleri kesildikten sonra filmaşın ucunu doğrultma işlemi gelmektedir. Filmaşın ucu doğrultulduktan sonra ucuna ilave tel eklenmektedir. İlave edilen telle birlikte çekilecek tel haddeden geçirilerek kafa altına kadar getirilmektedir. Bu işlem 1000'lik makine'de her farklı ölçüdeki çekim için tekrar etmektedir. 1000'lik makineye ait görüntüdeki filmaşın ucunu doğrultma işlemi için yapılan değerlendirme Şekil 3.6.'da verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 10, RULA puanı 7, QEC puanı %68 olarak hesaplanmıştır. Bu iş için hesaplanan puanlara ilişkin eylem düzeylerine bakıldığında; REBA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, RULA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, QEC puanına göre riskin yüksek olduğu ve işin daha fazla incelenerek kısa süre içerisinde düzeltilmesi gerektiği görülmektedir. Bu işlem için dikkat çekici unsurlar, doğrultma işi için ihtiyaç duyulan anlık güç artışı, çalışanların yüksek düzeyde kuvvet uygulaması, belin ve bacağın bükük olmasıdır.

Makine adı					
1000'lik Makine					
Görev Tanımı					
Filmaşın Ucunu Doğrultma					
	Gövde (3)	Tablo A (5) +	Tablo B (3) +	Üst Kol (3)	
	Boyun (1)	Yük/Kuvvet (3)	Kavrama (0)		
	Bacak (3)	REBA puanı (10)			Bilek (1)
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		
	Üst Kol (3)		Boyun (3)		Gövde (2)
	İlave (0)		İlave (0)		İlave (0)
	Alt Kol (2)		Gövde (2)		İlave (0)
	İlave (1)		Bacaklar (2)		İlave (0)
	Bilek (2)		Bacaklar (2)		İlave (0)
	İlave (1)		Bacaklar (2)		İlave (0)
Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (2)	RULA puanı (7) QEC puanı (%68)		Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (2)

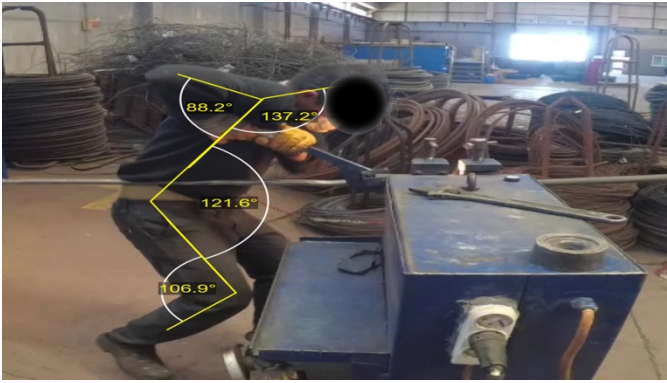
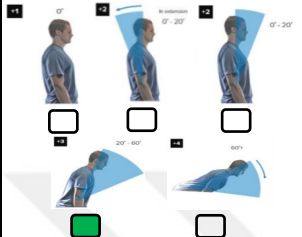
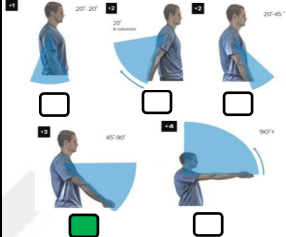
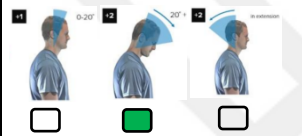
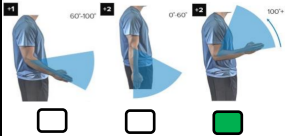
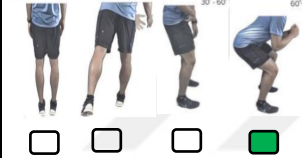
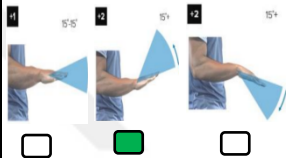
Şekil 3.6. Filmaşın Ucunu Doğrultma İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Makine adı					
1000'lik Makine					
Görev Tanımı					
Hadde Çapına Uygun Teli Doğrultma					
	Gövde (4)	Tablo A (6) + Yük/Kuvvet (2)	Tablo B (8) + Kavrama (0)		Üst Kol (6)
	Boyun (1)	Tablo C (11) + Hareket (2)			Alt Kol (2)
	Bacak (3)	<u>REBA puanı</u> (13)			Bilek (1)
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		
	Üst Kol (4)		Boyun (2)		
	İlave (2)		İlave (0)		
	Alt Kol (2)		Gövde (3)		
	İlave (1)		İlave (1)		
	Bilek (2)		Bacaklar (2)		
	İlave (1)				
Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (3)	<u>RULA puanı</u> (7) <u>QEC puanı</u> (%69)		Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (3)

Şekil 3.7. Hadde Çapına Uygun Teli Doğrultma İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Hadde çapına uygun tel, çekilecek telin ucuna eklenerek haddeden geçirilmektedir. Bu tel, önceki tel çekiminde kafa etrafına sarıldığı için eğik olmaktadır. Yeni çekimde haddeden eğik bir Şekilde geçemeyeceği için doğrultulması gerekmektedir. 1000'lik makineye ait görüntüdeki hadde çağına uygun telin doğrultulması işlemi için yapılan değerlendirme Şekil 3.7.'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 13, RULA puanı 7, QEC puanı %69 olarak hesaplanmıştır. Bu iş için hesaplanan puanlara ilişkin eylem düzeylerine bakıldığında; REBA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, RULA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, QEC puanına göre riskin yüksek olduğu ve işin daha fazla incelenerek kısa süre içerisinde dztilmesi gerektiği görülmektedir. Değerlendirmede risk puanlarını yükselten detaylar, doğrultma işi için ihtiyaç duyulan anlık yüksek düzeyde güç artışı, kolun omuz hizasından yüksekte olması ve bacağın bükük olmasıdır.

Yüksek risk puanına sahip iŐlemlerden birisi de telin ucuna kaynak yapılmasıdır. Doğrultulan tel, çekimi yapılacak telin uç kısmına kaynak makineyi kullanılarak eklenmektedir. Telin ucuna kaynak yapma işlemi için yapılan değerlendirme sonuçları Şekil 3.8.'de verilmiştir. 1000'lik makinede standart olan görüntüdeki işlem için değerlendirme yapıldığında; REBA puanı 14, RULA puanı 7 ve QEC puanı %66 olarak hesaplanmıştır. Bu işlem için hesaplanan puanlara ilişkin eylem düzeylerine bakıldığında; REBA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, RULA puanına göre riskin çok yüksek olduğu ve düzeltici eylemin acilen gerekli olduğu, QEC puanına göre riskin yüksek olduğu ve işin daha fazla incelenerek kısa süre içerisinde dztilmesi gerektiği görülmektedir. Değerlendirmede risk puanlarını yükselten unsurlar, telin kaynak yapılmasında ihtiyaç duyulan anlık güç artışı, kolun normal pozisyonundan arkaya doğru bükük olması, çalışanın 1 dakikadan uzun süre yüksek düzeyde kuvvet uygulaması, bacağın ve belin bükük olmasıdır.

Makine adı					
1000'lik Makine					
Görev Tanımı					
Telin Ucuna Kaynak Yapma					
	Gövde (4)	Tablo A (8) + Yük/Kuvvet (3)	Tablo B (8) + Kavrama (1)		Üst Kol (5)
	Boyun (2)	+ Hareket (2)	Tablo C (12) + Hareket (2)		Alt Kol (2)
	Bacak (4)	<u>REBA puanı</u> (14)	Bilek (3)		
Kol ve Bilek Analizi				Üst Kol (3) İlave (2)	Alt Kol (2) İlave (1)
Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		Boyun (3) İlave (0)	Gövde (3) İlave (1)	Bacaklar (2)	
Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (3)	<u>RULA puanı</u> (7) <u>QEC puanı</u> (%66)	Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (3)	

Şekil 3.8. Telin Ucuna Kaynak Yapma İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Makine Adı							
700'lük Makine							
Görev Tanımı							
Tel Bağının Kesilmesi							
		Gövde (4)	Tablo A (3) + Yük/Kuvvet (1)	Tablo B (3) + Kavrama (0)	Üst Kol (2)		
		Boyun (1)	Tablo C (4) + Hareket (0)		Alt Kol (2)		
		Bacak (1)	REBA puanı (4)		Bilek (2)		
Kol ve Bilek Analizi				Boyun, Gövde ve Bacak Analizi			
		Üst Kol (2)			Boyun (1)		
		İlave (0)			İlave (0)		
		Alt Kol (2)			Gövde (2)		
		İlave (0)			İlave (2)		
		Bilek (3)			Bacaklar (1)		
		İlave (1)					
Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (3)	RULA puanı (6)		Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)		
		QEC puanı (%41)					

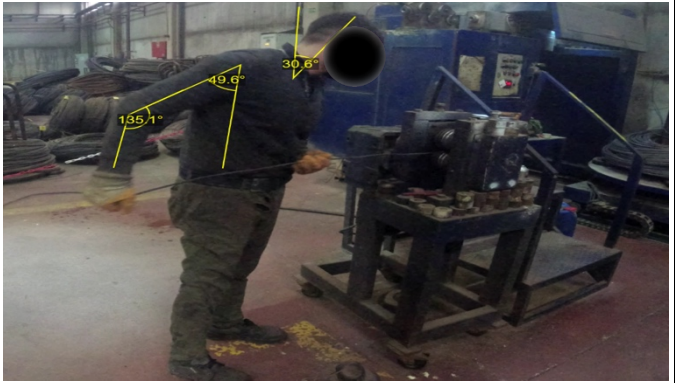
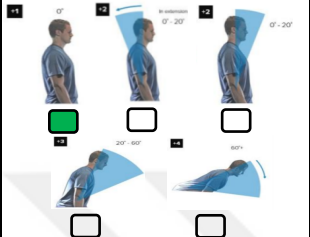
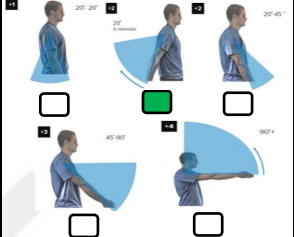
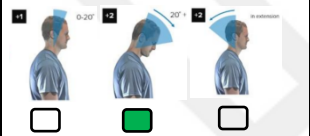
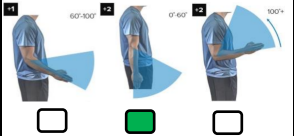
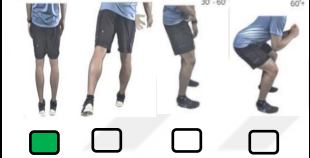
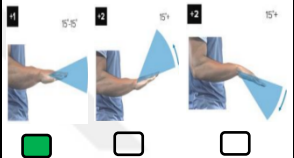
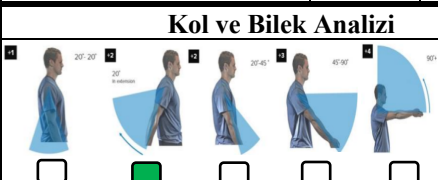

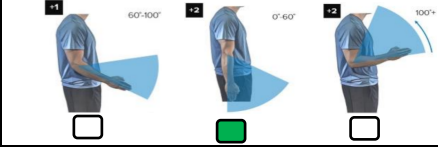
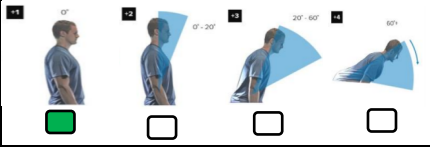


Şekil 3.9. Tel Bağının Kesimi İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Tel bağı, telin dağılmaması için filmaşın(kangal) etrafını çevreleyen tellerden oluşmaktadır. Çekim makinesine girmeden önce filmaşın etrafındaki bağ telleri makas yardımıyla kesilmektedir. 700'lük makineye ait tel bağının kesilmesi işi için yapılan değerlendirme Şekil 3.9.'da verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 4, RULA puanı 6, QEC puanı %41 olarak hesaplanmıştır. Bu iş için hesaplanan puanlara ilişkin eylem düzeylerine bakıldığında; REBA puanına göre düzeltici eylem gerekli olduğu, RULA puanına göre kısa zamanda değişikliğin gerekli olduğu, QEC puanına göre işin daha fazla incelenmesi gerektiği görülmektedir. Değerlendirmede risk puanlarını yükselten etkenler, çalışanın kullandığı kesme makasının ağırlığı ve kesme işlemi için ihtiyaç duyulan anlık güç artışıdır.

Hadde yuvası, tellerin inceltmesinde kullanılan haddenin yerleştirildiği makine üzerindeki bir parçadır. Tel çekimlerindeki hadde değişimi için hadde yuvası sökülüp takılmaktadır. 700'lük makineye ait görüntüdeki hadde yuvasının sökülmesi ve takılması işi için yapılan değerlendirme Şekil 3.10.'da verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 3, RULA puanı 6 ve QEC puanı %38 olarak belirlenmiştir. Bu puanlara ilişkin eylem seviyelerine bakıldığında; REBA puanına göre eylemde değişikliğin gerekli olabileceği, RULA puanına göre eylemin kısa zamanda değiştirilmesi gerektiği, QEC puanına göre eylemin kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Değerlendirmede her iki yöntem için risk puanını yükselten unsur, çalışanın omuz hizasından yüksekteki yuvayı sökmesi ve takmasıdır.

Makine adı						
700'lük Makine						
Görev Tanımı						
Hadde Yuvasının Sökülmesi ve Takılması						
	Gövde (1)	Tablo A (1) + Yük/Kuvvet (0)	Tablo B (5) + Kavrama (0)	Tablo C (3) + Hareket (0)		Üst Kol (4)
	Boyun (2)			Alt Kol (2)		
	Bacak (1)	REBA puanı (3)		Bilek (1)		
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi			
	Üst Kol (4)		Boyun (4)			
İlave (0)		İlave (0)	Gövde (1)			
Alt Kol (2)		İlave (1)	İlave (0)			
İlave (1)		Bacaklar (1)				
Bilek (3)						
İlave (1)						
Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)	RULA puanı (6)	Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)		
		QEC puanı (%38)				

Şekil 3.10. Hadde Yuvasının Sökülme-Takılma İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Makine adı						
700'lük Makine						
Görev Tanımı						
Tel Ucunun İnceltilmesi						
	Gövde (1)	Tablo A (3) + Yük/Kuvvet (0)	Tablo B (4) + Kavrama (0)	Tablo C (4) + Hareket (1)		Üst Kol (3)
	Boyun (3)	REBA puanı (4)			Alt Kol (2)	
	Bacak (1)	RULA puanı (4)			Bilek (1)	
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi			
	Üst Kol (2)		Boyun (3)			
	İlave (1)		İlave (1)			
	Alt Kol (2)		Gövde (1)			
	İlave (1)		İlave (0)			
	Bilek (2)		Bacaklar (1)			
	İlave (1)					
Kas Kullanımı (1)	Yük/Kuvvet (0)	RULA puanı (6)		Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)	
		QEC puanı (%37)				

Şekil 3.11. Tel Ucunun İnceltirme İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Uç yapma makinesi, haddeden geçecek telin inceltilmesinde kullanılmaktadır. Görüntüde çalışan 700'lük makinede işleme girecek tel için inceltme işlemi uygulamaktadır. 700'lük makine için standart olan bu işlem için yapılan değerlendirme Şekil 3.11.'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 4, RULA puanı 6, QEC puanı %37 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan puanlara göre eylem seviyelerine bakıldığında; REBA' ya göre eylem değişikliğinin gerekebileceği, RULA' ya göre kısa zamanda eylem değişikliği gerekli olduğu, QEC' e göre eylemin kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Değerlendirmede iki yöntem için puanı yükselten faktör, kolun normal pozisyonundan arkaya doğru dakikada dörtten fazla gidip gelmesidir.

700' lük makineye ait görüntüdeki işlemde çalışan, ucunu incelttiği teli haddeden geçirerek kafa altına ilerletmektedir. Bu işlem için yapılan risk değerlendirme Şekil 3.12.'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanı 4, RULA puanı 3, QEC puanı %28 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara ilişkin yöntemlerin eylem seviyelerine bakıldığında; REBA' ya göre eylemde değişiklik gerekli olduğu, RULA' ya göre eylemde değişiklik gerekebileceği, QEC' e göre eylemin kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Görüntüde çalışan teli haddeden geçirebilmek uzanmaktadır. Bu uzanma sebebiyle üst kol 90° e yakın ölçüde açıldığı ve bel eğildiği için yöntemlerin risk puanları artmaktadır.

Makine adı					
700'lük Makine					
Görev Tanımı					
Telin Haddeden Geçirilmesi					
	Gövde (2)	Tablo A (3) + Yük/Kuvvet (0)	Tablo B (5) + Kavrama (0)	Üst Kol (4)	
	Boyun (2)	Tablo C (4) + Hareket (0)		Alt Kol (2)	
	Bacak (1)	REBA puanı (4)		Bilek (1)	
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		
	Üst Kol (3)		Boyun (1)		
	İlave (1)		İlave (1)		
	Alt Kol (2)		Gövde (2)		
	İlave (1)		İlave (0)		
	Bilek (2)		Bacaklar (1)		
	İlave (1)				
Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)	RULA puanı (3)		Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)
		QEC puanı (%28)			

Şekil 3.12. Telin Haddeden Geçirilme İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Makine adı						
700'lük Makine						
Görev Tanımı						
Çektirmenin Takılması ve Sökülmesi						
	Gövde (1)	Tablo A (1)	Tablo B (5)	Üst Kol (4)		
	Boyun (1)	+	+		Alt Kol (2)	
		Bacak (1)	REBA puanı (4)			Bilek (1)
		Tablo C (3)				
		+				
		Hareket (0)				
		=				
		REBA puanı (4)				
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi			
	Üst Kol (4)		Boyun (1)		Gövde (1)	
	İlave (0)		İlave (0)		İlave (1)	
	Alt Kol (2)		Gövde (1)		İlave (1)	
	İlave (1)		Bacaklar (1)		İlave (1)	
	Bilek (2)		Bacaklar (1)		İlave (1)	
	İlave (1)		Bacaklar (1)		İlave (1)	
Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (1)	RULA puanı (4)		Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)	
		QEC puanı (%46)				

Şekil 3.13. Çektirmenin Takılması-Sökülmesi İşlemi Değerlendirme Sonuçları

Çektirme, telin kafa üzerine 5-6 tur sardırılmasında kullanılmaktadır. 700' lük makineye ait görüntüde çalışan çektirmeyi takmaktadır. Hem sökmede hem de takmada aynı duruş pozisyonu olduğu için sadece takma işlemi üzerinden yapılan değerlendirme Şekil 3.13.'de verilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre; REBA ve RULA puanı 4, QEC puanı %46 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç; REBA' ya göre eylemde değişiklik gerekli olduğunu, RULA' ya göre eylemde değişiklik gerekebileceğini, QEC' e göre eylemde daha fazla incelenmesine ihtiyaç duyulduğunu ifade etmektedir. Değerlendirmede risk puanlarını yükselten detay, çektirmenin takıldığı yerin omuz hizasından yüksekte olmasıdır.

Tel ölçüsünün alınması işlemi, tel haddeden geçirildikten sonra telin doğru ölçüde çekilip çekilmediğini kontrol etmek için uygulanmaktadır. Haddeden geçen tel belirtilen ölçüde ise tel çekimine devam edilmektedir. Bu işlem tüm makinelerde standart olarak yapılmaktadır. 700'lük makinedeki bu işleme ilişkin yapılan değerlendirme Şekil 3.14.'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda; REBA puanını 3, RULA puanını 5 ve QEC puanı %27 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara ilişkin yöntemlerin eylem seviyelerine bakıldığında; REBA' ya göre eylemde değişiklik gerekli olabileceği, RULA' ya göre kısa zamanda eylem değişikliği gerekli olduğu, QEC' e göre eylemin kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Görüntüde çalışan ölçebilmek için uzanmaktadır. Bu uzanma sebebiyle üst kol 90°den fazla açıldığı ve boyun arkaya doğru eğildiği için yöntemlerin risk puanları artmaktadır.

Makine adı					
700'lük Makine					
Görev Tanımı					
Tel Ölçüsünün Alınması					
	Gövde (2)	Tablo A (3) + Yük/Kuvvet (0)	Tablo B (4) + Kavrama (0)		Üst Kol (4)
	Boyun (2)	Tablo C (3) + Hareket (0)	Alt Kol (1)		
	Bacak (1)	REBA puanı (3)			Bilek (1)
Kol ve Bilek Analizi			Boyun, Gövde ve Bacak Analizi		
	Üst Kol (4)		Boyun (4)		
	İlave (0)		İlave (0)		
	Alt Kol (1)		Gövde (1)		
	İlave (0)		İlave (1)		
	Bilek (2)		Bacaklar (1)		
	İlave (1)	RULA puanı (5) QEC puanı (%27)			
Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)	Kas Kullanımı (0)	Yük/Kuvvet (0)		

Şekil 3.14. Tel Ölçüsünün Alınma İşlemi Değerlendirme Sonuçları

55 göreve ilişkin yapılan değerlendirme sonuçlarının özeti Tablo 3.6. da verilmiştir.

Tablo 3.6. Görevlerin Risk Değerlendirme Yöntemlerindeki Puan Dağılımları

Makine Adı	Görev Tanımı	REBA puanı	RULA puanı	QEC puanı
700'lük	Tel bağının kesilmesi	4	6	%41
700'lük	Hadde yuvasının sökülmesi ve takılması	3	6	%38
700'lük	Tel ucunun inceltilmesi	5	6	%37
700'lük	Telin haddeden geçirilmesi	4	3	%28
700'lük	Çektirmenin takılması ve sökülmesi	4	4	%46
700'lük	Tel ölçüsünün alınması	3	5	%27
700'lük	Sabun kutusuna sabun eklenmesi	3	3	%23
700'lük	Kantarın vince asılması- vinçten alınması	3	6	%32
1000'lik	Tel bağının küçük makasla alttan kesilmesi	11	7	%56
1000'lik	Tel bağının küçük makasla üstten kesilmesi	11	7	%56
1000'lik	Tel bağının büyük makasla alttan kesilmesi	11	7	%58
1000'lik	Tel bağının büyük makasla üstten kesilmesi	11	7	%63
1000'lik	Hadde çapına uygun telin doğrultulması	13	7	%69
1000'lik	Uç kısma eklenen telin spiralle kesilmesi	10	7	%48
1000'lik	Filmaşın ucunun doğrultulması	10	7	%68
1000'lik	Telin ucuna kaynak yapılması	14	7	%66
1000'lik	Haddenin yuvaya takılması	9	7	%32
1000'lik	Tel bağına ait hurda tellerin toplanması	9	7	%38
1000'lik	Çektirmenin çıkarılması	8	7	%44
1000'lik	Telin ucuna çektirmenin takılması	8	7	%66
1000'lik	Çektirmenin yuvaya yerleştirilmesi	4	5	%38
1000'lik	Küçük spiralle telin alttan taşlanması	8	7	%43
1000'lik	Kaynak yerinin taşlanması	11	7	%52
1000'lik	Kaynak makinesindeki tel sabitleyici vidaların sıkılması-gevşetilmesi	5	5	%34
6 Kafa	Tel bağının kesilmesi	8	6	%48
6 Kafa	İki telin birbirine kaynak yapılması	3	3	%25
6 Kafa	Kaynak yerinin taşlanması	4	4	%39
6 Kafa	Sabun kutusundaki tel talaşının temizlenmesi	5	3	%27
6 Kafa	Telin haddeden çıkarılması	5	5	%56
6 Kafa	Haddeyi tutan somunun sıkılması	6	5	%39
6 Kafa	Telin haddeden geçirilmesi	4	6	%25
6 Kafa	Tel takma kancasına telin sıkıştırılması	5	6	%28
6 Kafa	Kafa çevresine biriken talaşın temizlenmesi	4	6	%32
6 Kafa	Tel ölçüsünün alınması	6	6	%28
6 Kafa	Son kafadaki telin açılması	2	3	%38
6 Kafa	Kafalara sardırılan telin makineden çıkarılması	4	3	%41
6 Kafa	Telin sarma makinesinden geçirilmesi	5	4	%36
6 Kafa	Telin sarma makinesi makarasına sabitlenmesi	2	2	%33
6 Kafa	Boş sepetin kafa altına yerleştirilmesi	2	3	%48
6 Kafa	Dolan sepetin paletle kaldırılması	7	6	%58
6 Kafa	Sepetin transpaletle taşınması (500 kg)	5	6	%49
6 Kafa	Bağ telinin dolu sepetin altından geçirilmesi	7	6	%32
6 Kafa	Bağ telinin çekilerek telin sıkıştırılması	9	6	%52
6 Kafa	Telin bağlanması	3	5	%32
S. Çekim	Boş sepetin yerine taşınması	5	6	%42
S. Çekim	Tel sabitleme vidasının sıkılması-gevşetilmesi	3	3	%33
S. Çekim	Tel uçlarının taşlanması	1	3	%27

Makine Adı	Görev Tanımı	REBA puanı	RULA puanı	QEC puanı
S. Çekim	Tellerin birbirine kaynatılması	2	3	%28
S. Çekim	Kaynak yerinin taşlanması	1	3	%42
S. Çekim	Arka haddenin değiştirilmesi	3	5	%26
S. Çekim	Sabun kutusundan sabun alınması – sabun kutusuna sabun eklenmesi	5	5	%28
S. Çekim	Ön haddenin değiştirilmesi	5	5	%28
S. Çekim	Telin makaraya sardırılması	4	5	%25
S. Çekim	Dolmuş sepetin kafa altından çekilmesi	9	6	%57
S. Çekim	Boş sepetin kafa altına itilmesi	5	6	%48

3.4.1. Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Sonuç Değerlendirmesi

Araştırmada görevler üç farklı yöntemle değerlendirmeye tabi tutulduğundan sonuç değerlendirmesinin yapılabilmesi için sistematik bir yöntem geliştirilmiştir. Öncelikli olarak risk değerlendirme yöntemlerinden elde edilen puanlar risk seviyesi şeklinde ifade edilmiştir. Puanlara karşılık gelen seviyeleri Tablo 3.7.’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Puanlarına Göre Risk Seviyeleri

Risk Seviyesi	REBA Puanı	RULA Puanı	QEC Puanı
Düşük Risk	1-3	1-2	0-40%
Orta Risk	4-7	3-4	41-50%
Yüksek Risk	8-10	5-6	51-70%
Çok Yüksek Risk	11-15	7	71-100%

Kaynak: Rahma ve Faiz, 2019

Sonrasında hesaplanan üç risk seviyesi bir risk seviyesine dönüştürülmüştür. Dönüştürmede iki farklı değerlendirme yaklaşımı kullanılmıştır. Birinci yaklaşımda salt çoğunluğa göre karar verme yöntemi benimsenmiştir. Örneğin, bir görev için risk seviyesinin REBA’ da “Çok Yüksek”, RULA’ da “Çok Yüksek” ve QEC’ de “Yüksek” olması durumda göreve ilişkin risk seviyesi “Çok Yüksek” olarak kabul edilmiştir. İkinci yaklaşımda ise üç farklı yöntem, farklı risk seviyesini gösteriyorsa ortadaki risk seviyesi dikkate alınmıştır. Örneğin, göreve ilişkin risk seviyesi REBA’ da “Çok Yüksek”, RULA’ da “Yüksek” ve QEC’ de “Orta” çıkması durumunda, risk seviyesi “Yüksek” olarak kabul edilmiştir. Bu çerçevede gerçekleştirilen sonuç değerlendirmesi Tablo 3.8.’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Sonuç Değerlendirmesi

Makine Adı	Görev Tanımı	REBA	RULA	QEC	Sonuç Değerlendirmesi
1000'lik	Tel bağının küçük makasla alttan kesilmesi	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Tel bağının küçük makasla üstten kesilmesi	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Tel bağının büyük makasla alttan kesilmesi	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Tel bağının büyük makasla üstten kesilmesi	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Hadde çapına uygun telin doğrultulması	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Telin ucuna kaynak yapılması	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Kaynak yerinin taşlanması	Çok Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek
1000'lik	Uç kısma eklenen telin spiralle kesilmesi	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Orta Risk	Yüksek
1000'lik	Filmaşın ucunun doğrultulması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek
1000'lik	Haddenin yuvaya takılması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Düşük Risk	Yüksek
1000'lik	Tel bağına ait hurda tellerin toplanması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Düşük Risk	Yüksek
1000'lik	Çektirmenin çıkarılması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Orta Risk	Yüksek
1000'lik	Telin ucuna çektirmenin takılması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek
1000'lik	Küçük spiralle telin alttan taşlanması	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk	Orta Risk	Yüksek
6 Kafa	Tel bağının kesilmesi	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Orta Risk	Yüksek
6 Kafa	Telin haddeden çıkarılması	Orta Risk	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek
6 Kafa	Dolan sepetin paletle kaldırılması	Orta Risk	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek
6 Kafa	Bağ telinin çekilerek telin sıkıştırılması	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek
S. Çekim	Dolmuş sepetin kafa altından çekilmesi	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek Risk	Yüksek

Makine Adı	Görev Tanımı	REBA	RULA	QEC	Sonuç Değerlendirmesi
700'lük	Tel bağının kesilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Orta Risk	Orta Risk
700'lük	Tel ucunun inceltilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
700'lük	Telin haddeden geçirilmesi	Orta Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Orta Risk
700'lük	Çektirmenin takılması ve sökülmesi	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk
1000'lik	Çektirmenin yuvaya yerleştirilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
1000'lik	Kaynak makinesindeki tel sabitleyici vidaların sıkılması-gevşetilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Kaynak yerinin taşlanması	Orta Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Sabun kutusundaki tel talaşının temizlenmesi	Orta Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Haddeyi tutan somunun sıkılması	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Telin haddeden geçirilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Tel takma kancasına telin sıkıştırılması	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Kafa çevresine biriken talaşın temizlenmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Tel ölçüsünün alınması	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Kafalara sardırılan telin makineden çıkarılması	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk
6 Kafa	Telin sarma makinesinden geçirilmesi	Orta Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Orta Risk
6 Kafa	Boş sepetin kafa altına yerleştirilmesi	Düşük Risk	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk
6 Kafa	Sepetin transpaletle taşınması (500 kg)	Orta Risk	Yüksek Risk	Orta Risk	Orta Risk
6 Kafa	Bağ telinin dolu sepetin altından geçirilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
S. Çekim	Boş sepetin yerine taşınması	Orta Risk	Yüksek Risk	Orta Risk	Orta Risk
S. Çekim	Kaynak yerinin taşlanması	Düşük Risk	Orta Risk	Orta Risk	Orta Risk
S. Çekim	Sabun kutusundan sabun alınması – sabun kutusuna sabun eklenmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
S. Çekim	Ön haddenin değiştirilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
S. Çekim	Telin makaraya sardırılması	Orta Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Orta Risk
S. Çekim	Boş sepetin kafa altına itilmesi	Orta Risk	Yüksek Risk	Orta Risk	Orta Risk
700'lük	Hadde yuvasının sökülmesi ve takılması	Düşük Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
700'lük	Tel ölçüsünün alınması	Düşük Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Düşük Risk

Makine Adı	Görev Tanımı	REBA	RULA	QEC	Sonuç Değerlendirmesi
700'lük	Sabun kutusuna sabun eklenmesi	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
700'lük	Kantarın vince asılması- vinçten alınması	Düşük Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
6 Kafa	İki telin birbirine kaynak yapılması	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
6 Kafa	Son kafadaki telin açılması	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
6 Kafa	Telin sarma makinesi makarasına sabitlemesi	Düşük Risk	Düşük Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
6 Kafa	Telin bağlanması	Düşük Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
S. Çekim	Tel sabitleme vidasının sıkılması-gevşetilmesi	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
S. Çekim	Tel uçlarının taşlanması	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
S. Çekim	Tellerin birbirine kaynatılması	Düşük Risk	Orta Risk	Düşük Risk	Düşük Risk
S. Çekim	Arka haddenin değiştirilmesi	Düşük Risk	Yüksek Risk	Düşük Risk	Düşük Risk

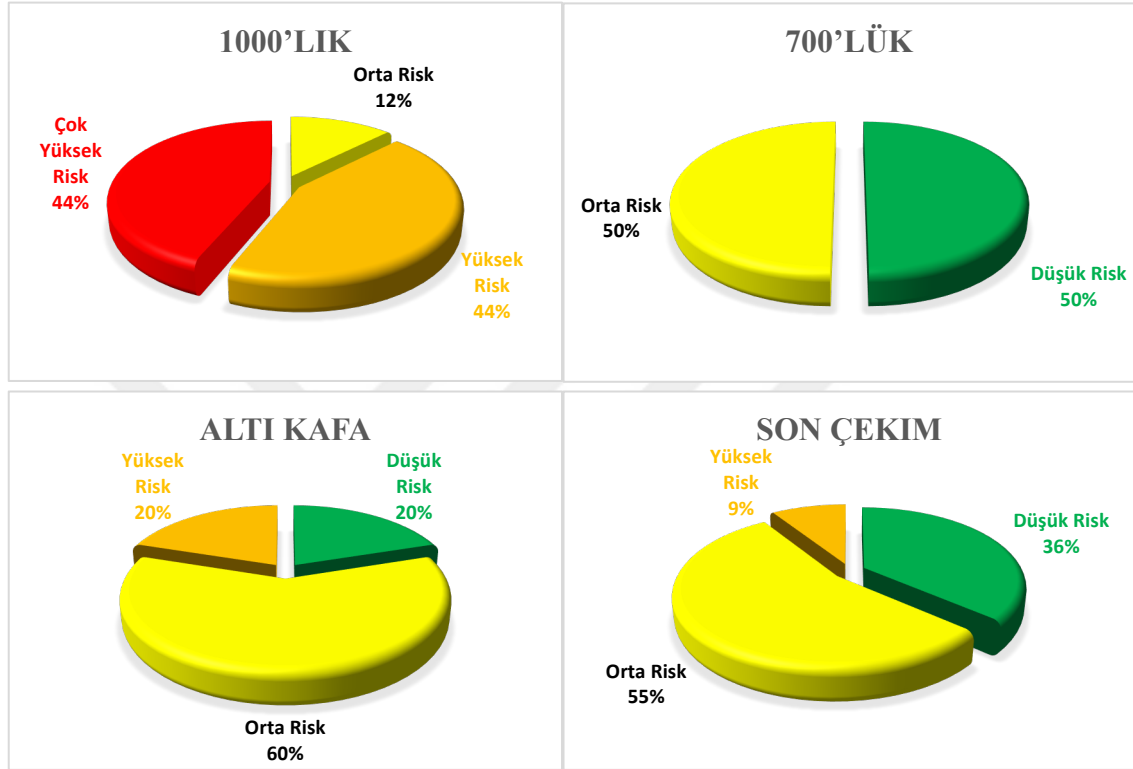
Sonuç değerlendirmesinde ortaya çıkan risk seviyelerine göre makinelerdeki görev sayılarına ilişkin bilgiler Tablo 3.9.'da gösterilmiştir. Tablo 3.9.'a göre düşük riskte 12, orta riskte 24, yüksek riskte 12, çok yüksek riskte 7 görev tespit edilmiştir. Çok yüksek risk sadece 1000'lik makinede görülmüştür.

Tablo 3.9. Risk Seviyelerine Göre Makinelerdeki Görev Sayıları

Risk Seviyesi	1000'lik	700'lük	Altı Kafa	Son Çekim	Toplam
Düşük Risk	-	4	4	4	12
Orta Risk	2	4	12	6	24
Yüksek Risk	7	-	4	1	12
Çok Yüksek Risk	7	-	-	-	7
Toplam	16	8	20	11	55

Makine bazında görevlerin yüzdeler olarak risk dağılımları Şekil 3.15.'de verilmiştir. Şekil 3.15.'deki grafikler incelendiğinde, 1000'lik makinedeki görevlerin %44'ünün çok yüksek, %44'ünün yüksek, geriye kalan %12'sinin ise orta risk seviyesinde olduğu görülmektedir. Ayrıca bu makinede düşük risk seviyesine rastlanmamıştır. 700'lük makineye bakıldığında, görevlerin %50'sinin orta, %50'sinin

düşük seviyede risk içerdiği görülmektedir. Altı kafa makinesindeki risk değerlendirmesine ilişkin oranlara bakıldığında, görevlerin %60'ının orta risk, %20'sinin yüksek risk geriye kalan %20'sinin ise düşük risk grubunda olduğu görülmektedir. Son olarak son çekim makinesine bakıldığında, görevlerin %55'inin orta risk, %36'sının düşük risk ve %9'unun yüksek risk içerdiği görülmektedir.

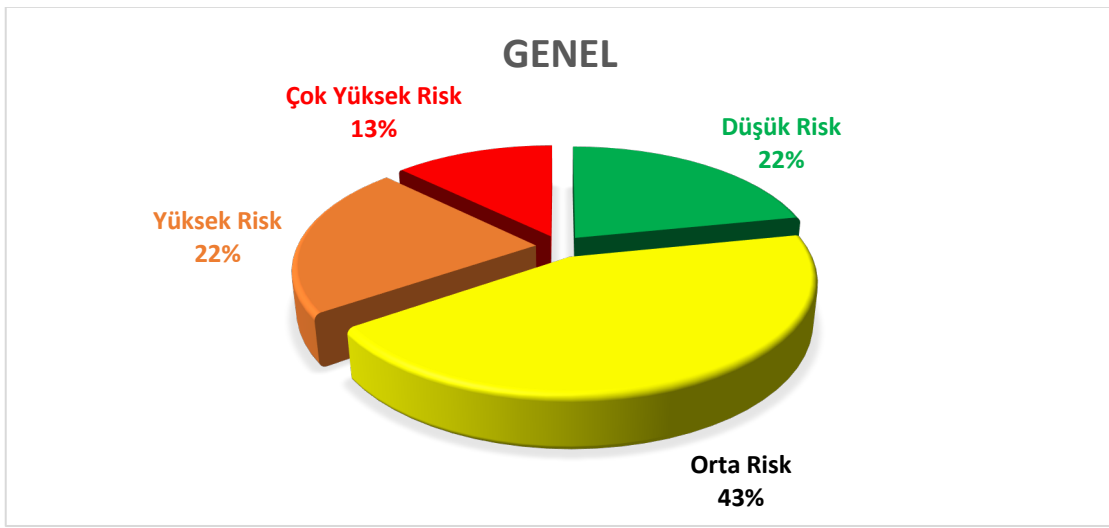


Şekil 3.15. Makine Bazında Risk Dağılımları

3.5. Genel Değerlendirme ve İyileştirme Önerileri

Yapılan çalışmada, RULA, REBA ve QEC yöntemi tel çekme bölümündeki çalışan personelin çalışma duruşlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. 1000'lik, 700'lük, altı kafa ve son çekim makinelerindeki tel çekme süreçlerinde yer alan 55 görev üç farklı yöntemle tek tek değerlendirilmiştir. Görevlere ilişkin nihai risk seviyesi belirlenirken yöntemlere ait sonuçlarda benzerlik olması durumunda en az iki yöntemin belirttiği risk seviyesi, yöntemlere ait sonuçlarda farklılık olması durumunda ise üç yöntemin belirttiği ortalama risk seviyesi dikkate alınmıştır. Görevlerin genel risk dağılımları Şekil 3.16.'da verilmiştir. Şekil 3.16. incelendiğinde görevlerin %43'ünün orta risk, %22'sinin yüksek risk, %22'sinin düşük risk ve %13'ünün çok yüksek risk grubunda olduğu görülmektedir.

Görevlerin toplamda %35'i çok yüksek ve yüksek risk grubunda yer almaktadır. Bu sonuç söz konusu görevlerin kısa süre içerisinde veya acilen iyileştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu görevlerden özellikle 1000'lik makinedeki görevler çok yüksek risk grubundaki görevlerin tamamını ve yüksek risk grubundaki görevlerin yarıdan fazlasını oluşturmaktadır. 1000'lik makineyi risk fazlalığı bakımından altı kafa makinesi, son çekim ve 700'lük makine takip etmektedir. Bu sebeple tel çekme bölümündeki personelin kas ve iskelet sistemi üzerindeki zorlanma büyükten küçüğe 1000'lik, altı kafa, son çekim ve 700'lük şeklinde yaşanmaktadır.



Şekil 3.16. Görevlerin Ortalama Risk Dağılımları

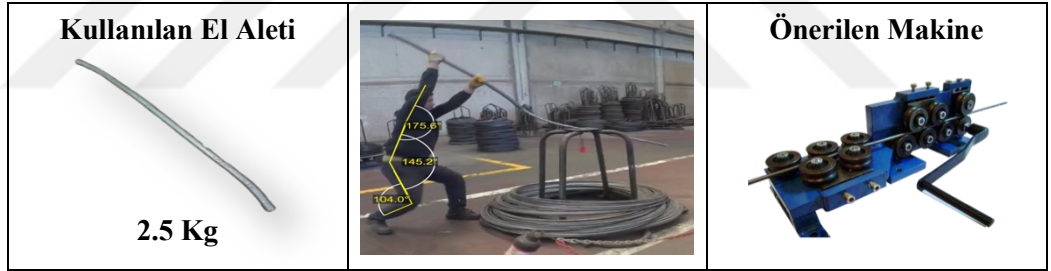
Analiz sonuçlarına göre mevcut durum ve iyileştirme önerileri aşağıdaki gibidir:

- Yapılan değerlendirmede, 1000'lik makinedeki tel bağının makasla kesilme işlemi çalışanların kas ve iskelet sistemi üzerinde zorlanmanın en fazla olduğu görevlerden birisidir. Çalışan, filmaşın alt tarafındaki tel bağını keserken eğilmekte, üst taraftaki tel bağını keserken makası omuz hizasında tutmaktadır. Kalın çaplı teli tutan mukavemeti yüksek bağ telinin kesim işlemi her ne kadar el aleti ile yapılıyor olsa da çalışanı zorlamakta ve kullanılan kesme makasının tel kesiminde yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu sebeple tel bağının kesilmesi işleminin hidrolik el makası ile yapılması önerilmektedir. İyileştirme önerisine ait görsel Şekil 3.17.'de verilmiştir. Bu uygulama ile çalışanın kesme esnasındaki çabasının ortadan kalkacağı, zorlanmanın en aza inebileceği ve işlemin daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.17. Tel Bağının Makasla Kesilme İşlemi İyileştirme Önerisi

- Ergonomik risk seviyesinin yüksek çıktığı diğer bir görev ise 1000'lik makedeki hadde çapına uygun telin doğrultulması işlemidir. Bu işlemde çalışan bir boru yardımıyla 3-5 metrelik teli doğrultmaya çalışırken yüksek efor sarf etmektedir. Bununla birlikte tel doğrultma sırasında çalışanın kolu genellikle omuz hizasından yüksekte durmaktadır. Bütün bunlar risk seviyesini artırmaktadır. İyileştirme önerisine ait görsel Şekil 3.18.'de verilmiştir. Doğrultma işleminin doğrultma makinesi yardımıyla yapılması çalışan üzerindeki riski en aza indireceği ve görevin daha kısa sürede gerçekleştirileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.18. Hadde Çapına Uygun Telin Doğrultma İşlemi İyileştirme Önerisi


- Başka bir yüksek risk 1000'lik makedeki telin ucuna kaynak yapılması işleminde görülmektedir. Değerlendirmede ergonomik riski artıran unsurlar, telin kaynak yapılmasında ihtiyaç duyulan anlık güç artışı, çalışanın 1 dakikadan uzun süre yüksek düzeyde kuvvet uygulaması, bacağın ve belin bükük olmasıdır. Riski artıran unsurların başında kaynak esnasındaki güç gereksinimine bağlı olarak çalışanın uygun olmayan pozisyonlara maruz kalması dikkati çekmektedir. Makine üzerine tam otomasyonu sağlayacak bir düzenek geliştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede çalışanın fiziksel gücüne ihtiyacın ortadan kalkacağı, ergonomik riskin minimum seviyeye ineceği ve sürecin hızlanacağı düşünülmektedir.

- Yüksek risk seviyesi grubunda yer alan diğer bir görev, filmaşın ucunun doğrultulmasıdır. 1000'lik makinedeki süreçlerden olan bu işlem yüksek düzeyde güç gerektirdiği için bir çalışan yeterli olmayıp iki çalışanın çabasıyla tamamlanabilmektedir. Bu işlem için dikkat çekici unsurlar, doğrultma işi için ihtiyaç duyulan anlık güç artışı, çalışanların yüksek düzeyde kuvvet uygulaması, belin ve bacağın bükük olmasıdır. Bütün doğrultma işlemlerinin doğrultma makinesi yardımıyla yapılması çalışan üzerindeki riski en aza indireceği ve işlemin daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.
- Hurda tellerinin toplanması işleminde çalışanın yerdeki telleri toplamak için sürekli eğilip kalkması, kas ve iskelet sisteminde yük oluşturmaktadır. Bu işlemin manyetik mıknatıslı tel toplama aleti ile yapılması çalışanın kas ve iskelet sistemi üzerindeki yükünü azaltacağı düşünülmektedir. İyileştirme önerisine ait görsel Şekil 3.19.'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Hurda Tellerinin Toplanması İşlemi İyileştirme Önerisi

- Risk seviyesinin yüksek olduğu diğer bir görev ise 6 kafa makinesindeki dolan sepetin transpaletle kaldırılması işlemidir. İşlem her ne kadar transpalet ile yapılıyor olsa da çalışan transpalet kolunu basarken eğilip kalkmakta ve üzerindeki yükü kaldırabilmek için oldukça zorlanmaktadır. İnsan gücüyle çalışan transpaletin yerine elektrikli bir transpaletin kullanılması çalışanın üzerindeki riski minimum seviyeye indireceği düşünülmektedir. Ayrıca elektrikli transpaletteki baskül özelliği sayesinde dolmuş sepet ağırlığı kolayca ölçülebileceği için çalışanın vincin ucuna takılan 12,5 kg ağırlığındaki kantar başlığını taşıma ve kaldırma işlemini ortadan kaldıracaktır. Bu sayede sürecin kısılacığı ve çalışan üzerindeki zorlanmanın en aza ineceği düşünülmektedir. İyileştirme önerisine ait görsel Şekil 3.20.'de verilmiştir.

<p>Kullanılan Alet</p>  <p>12.5 Kg</p>		<p>Önerilen Makine</p> 
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Şekil 3.20. Dolan Sepetin Transpaletle Kaldırılması İşlemi İyileştirme Önerisi

- Yüksek risk grubunda yer alan başka bir görev, dolmuş sepetin kafa altından çekilmesidir. Son çekim makinesindeki süreçlerden olan bu işlemde çalışan sepeti hareket ettirebilmek için aşırı güç uygulamak zorunda kalmaktadır. Bu görev için elektrikli bant sisteminin yapılması önerilmektedir. Bu uygulama ile çalışanın çekme sırasındaki çabasının ve zorlanmasının ortadan kalkacağı düşünülmektedir.
- Risk seviyesi yüksek çıkan diğer görevler ise genellikle çalışanın uygunsuz pozisyonda iş yapmasından kaynaklanmaktadır. Çalışanlar doğru vücut duruşları hakkında bilgiye sahip olmadıklarında görevleri uygun olmayan pozisyonda gerçekleştirebilmektedir. Bu noktada çalışanların doğru çalışma duruşları hakkında bilgilendirilmesinin bu görevlerdeki riskleri azaltacağı düşünülmektedir.
- Risk seviyesi çok yüksek çıkan görevler 1000'lik makine üzerinde yoğunlaşmaktadır. Risk seviyesinin diğer makinelere göre yüksek çıkmasının temel nedeni 1000'lik makinedeki işlenen tellerin çap kalınlığının daha fazla olmasıdır. Tel çapı kalınlaştıkça kesme, kaynatma ve taşlama işlemleri çalışanları daha fazla zorlamaktadır. Bu durum özellikle 1000'lik makine çalışanlarının diğer makine çalışanlarına kıyasla daha fazla riske maruz kalmasına neden olmaktadır. Makine sayısının çok fazla olmadığı tel çekme bölümündeki personelin makinelerde dönüşümlü çalışması önerilmektedir. Bu rotasyon sayesinde çalışanların maruz kaldıkları farklı seviyedeki risklerin ortadan kaldırılacağı ve çalışanların aynı işi yapabilme becerisinin artacağı düşünülmektedir. Bu uygulama ile tel çekme bölümündeki çalışanların aynı işlerdeki performans karşılaştırmasının da yapılabileceği düşünülmektedir.
- Çok yüksek ve yüksek risk grubunda yer alan görevlerin toplam işlem süreleri, ortalama 16 dk 2 sn sürmektedir. İyileştirme önerilerine uyulması sonucunda

işlem sürelerinde %50 oranında kısalmanın olacağı ön görülmektedir. Bu durumun gerçekleşmesi halinde çok yüksek ve yüksek risk kategorisindeki görevlerin sürelerinde, ortalama 8 dk kısalma meydana gelecektir. Günde 3 vardiya çalışan fabrikada, 15 defa bu süreçlerin tekrar ettiği varsayıldığında, toplam işlem süresi günlük ortalama 120 dk kısalacaktır. Yıllık bazda bakıldığında ise tel çekme bölümünde yaklaşık 600 saatlik bir çalışma zamanı kazanılacağını ifade etmek mümkündür. Bu hesaplardan hareketle, çalışmanın, kapasite kullanım oranı %20 olan tel çekme bölümünde verimliliğe ciddi oranda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



SONUÇ

Bu çalışmada imalat işletmelerinin üretim süreçlerinde ortaya çıkabilecek risklerin belirlenmesine yönelik bir uygulama modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda cıvata üretimi yapan bir fabrikada örnek uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde mevcut yöntemler dikkate alınarak değerlendirme formatı geliştirilmiştir. Bu yanı sıra çalışmanın özgünlüğünün artırılması amaçlanmıştır. Geliştirilen format çerçevesinde elde edilen veriler analiz edilerek riskli operasyonların değerlendirilmesi yapılmıştır.

Değerlendirme sürecinde REBA, RULA ve QEC olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmıştır. REBA ve RULA yöntemleri öncelikli olarak uygulanmış olup bu yöntemlerin hareketlerin tekrar sayısını dikkate almadığından dolayı ek olarak QEC yöntemiyle de analizler gerçekleştirilmiştir. Riskli olabilecek bütün görevlere bu üç yöntem uygulanmıştır. Sonrasında görevler için her bir yöntemle elde edilen risk seviyelerinin tek bir risk seviyesine dönüştürülmesi şeklinde bir yol izlenmiştir. Dönüştürmede risk seviyesi sonuçlarına göre üç yöntemden en az ikisinin işaret ettiği risk seviyesi veya ortalama risk seviyesi dikkate alınmıştır. Risk seviyesi çok yüksek veya yüksek çıkan görevler için iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Geliştirilen uygulama formatının en önemli özelliklerinden birisi de süreçlerin video kaydına alınarak analizlerin yapılmasıdır. Bu konu üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda analizler fotoğrafa dayalı veriler üzerinden yapılmıştır. Fotoğraf çekilme esnasında çalışanlarda çevresel koşullara ve kısa çevrim sürelerine bağlı olarak baskı artabileceği için veri güvenilirliği azalabilmektedir. Dolayısıyla fotoğrafı tekniği ile toplanan verilerin analizleri gözlemciyi yanıltabilmektedir. Gözleme dayalı fotoğrafı yöntemindeki bu eksiklik dikkate alınarak süreçler aksiyon kameralarıyla farklı zamanlarda birçok kez video kaydına alınmıştır. Ayrıca ölçümden kaynaklanan hataları ortadan kaldırılabilmek için çalışanların duruş pozisyonlarına ilişkin açı değerleri Dartfish paket programı ile hesaplanmıştır.

Tel çekme bölümü, fabrikada emeğin en yoğun olduğu ve çalışanların fiziksel olarak en çok zorlandığı bölüm olarak düşünüldüğü için tercih edilmiştir. Yine aynı sebeple tel çekme bölümünde emeğin yoğun olduğu makineler incelemeye alınmıştır. Araştırmanın bulguları çalışanlar aynı bölümde benzer işleri yapsalar bile kullanılan el aletlerinden, duruş pozisyonlarından, iş yapış biçimlerinden ve makine farklılığından kaynaklı farklı seviyelerde riske maruz kaldıklarını göstermektedir. Bu farklılıklar çalışanların performanslarını, motivasyonlarını ve verimliliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çalışanların performanslarını motivasyonunu ve verimliliğini etkileyecek her şey aynı zamanda işletmenin genel performansını da etkileyeceği için bu farklılıkların ortadan kaldırılması hem çalışan hem de işletme açısından büyük önem taşımaktadır.

Hesaplamalar sonucunda görevlerin %43'ünün orta risk, %22'sinin yüksek risk, %22'sinin düşük risk ve %13'ünün çok yüksek risk grubunda olduğu görülmüştür. Görevlerin toplamda %35'i çok yüksek ve yüksek risk grubunda yer almaktadır. Bu sonuç söz konusu görevlerin kısa süre içerisinde veya acilen iyileştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu iyileştirmelerin gerçekleştirilebilmesi için üst yönetim ve çalışanların iyileştirmeleri kabullenmesi ve sahiplenmesi gerekmektedir. Ayrıca uygulama formatının fabrikanın diğer bölümlerinde de hayata geçirilmesi bu konuda bir örgüt kültürünün oluşmasına da katkı sağlayacaktır.

İyileştirme önerilerine uyulması sonucunda öncelikle tel çekme bölümündeki çalışanlarda iş yapmaya bağlı zorlanmaların azalacağı, çalışanların iş güvenliği ve yaşam kalitesinin iyileşeceği düşünülmektedir. Sonrasında ise bu önerilerin işlem sürelerini kısaltmasına ve çalışanlarda rahatsızlığın daha az yaşanmasına katkı sağlamasına bağlı olarak verimlilikte artış sağlayacağı düşünülmektedir. Tel çekme bölümünde ulaşılabilecek olumlu faydalar diğer bölümler ve hatta diğer fabrikalar için örnek teşkil edebilecektir. Bu çalışmada kullanılan yöntem ve metot diğer bölüm ve fabrikalarda da sistematik bir şekilde kullanılabilir. Çalışma kapsamında sistematik olarak geliştirilen uygulama modeli bilimsel birikime, bölgesel ve ulusal ekonomiye katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İyileştirme önerilerinin hayata geçirilmesinde yalın üretim tekniklerinin kullanılması bir başka araştırma konusu olarak belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Alici, H., Ulusu Atıcı, H. ve Gündüz, T. (2017), Mobilya Sektöründe Pnömatik Zımbalama ve Vidalama İşlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 211–225.
- Amell, T. ve Kumar, S. (2001), Work-Related Musculoskeletal Disorders: Design as a Prevention Strategy. A Review, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 11(4), 255–265.
- Andreas, G.-W. J. ve Johanssons, E. (2018), Observational Methods for Assessing Ergonomic Risks for Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Scoping Review, *Revista Ciencias de La Salud*, 16(SPE), 8–38.
- Atıcı, H., Gönen, D. ve Oral, A. (2015), Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 239–244.
- Avcı, K., ve Pala, K. (2004), Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesinde Çalışan Araştırma Görevlisi ve Uzman Doktorların Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesi, *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30(2), 81–85.
- Babalık, F. C. (2016), *Mühendisler için Ergonomi* (5. Baskı), Dora Yayınları, Bursa.
- Baykasoğlu, A. ve Demirkol Akyol, Ş. (2014), Ergonomik Montaj Hattı Dengeleme, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 785–792.
- Bernacki, E. J., Guidera, J. A., Schaefer, J. A., Lavin, R. A. ve Tsai, S. P. (1999), An Ergonomics Program Designed to Reduce the Incidence of Upper Extremity Work Related Musculoskeletal Disorders, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41(12), 1032–1041.
- Bilir, N. (2007), Mesleksel Kas İskelet Sistemi Hastalıkları, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 34(7), 10–13.
- Boles, M., Pelletier, B. ve Lynch, W. (2004). The Relationship Between Health Risks and Work Productivity, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(7), 737–745.
- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. ve Moir, S. (1996), PATH: A Work Sampling-Based Approach to Ergonomic Job Analysis for Construction and Other Non-Repetitive Work, *Applied Ergonomics*, 27(3), 177–187.
- Bulduk, E. Ö., Bulduk, S., Süren, T. ve Ovalı, F. (2014), Assessing Exposure to Risk

- Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders Using Quick Exposure Check (QEC) in Taxi Drivers, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(6), 817–820.
- Burdorf, A. ve Van Der Beek, A. (1999), Exposure Assessment Strategies for Work-Related Risk Factors for Musculoskeletal Disorders, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 25(4), 25–30.
- Burton, W. N., Conti, D. J., Chen, C.-Y., Schultz, A. B. ve Edington, D. W. (1999), The Role of Health Risk Factors and Disease on Worker Productivity, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41(10), 863–877.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2014), Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): OSH Answers, <https://www.ccohs.ca/oshanswers/diseases/rmirsi.html> (Erişim Tarihi: 26.01.2020)
- David, G. C. (2005), Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Occupational Medicine*, 55(3), 190–199.
- David, G., Woods, V., Li, G. ve Buckle, P. (2008), The Development of the Quick Exposure Check (QEC) for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Applied Ergonomics*, 39(1), 57–69.
- Deste, M. ve Sever, S. (2019), İmalat İşletmelerinde Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz, *Ekev Akademi Dergisi*, 209–224.
- Dul, J. ve Weerdmeester, B. (2008), Ergonomics for Beginners: A quick reference guide. In *International Journal of Industrial Ergonomics* (3. Baskı, Sayı 13).
- Düşüngülü, F. (2014), *Çalışma Ortamlarının Ergonomik Tasarımının Akademik Personel Üzerindeki Verimliliğine Etkisi (Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Örneği)*, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Büro Yönetimi Eğitim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- E-Kart | İSG (İş Sağlığı Güvenliği). (n.d.). <https://www.ekart.com.tr/ISG.aspx> (Erişim Tarihi: 05.11.2019).
- Eklund, J. A. E. (1995), Relationships Between Ergonomics and Quality in Assembly Work, *Applied Ergonomics*, 26(1), 15–20.
- Ericsson, P., Björklund, M. ve Wahlström, J. (2012), Exposure Assessment in Different Occupational Groups at a Hospital Using Quick Exposure Check (QEC)—A Pilot Study, *Work*, 41(1), 5718–5720.

- Esen, H. ve Fiğlali, N. (2013), Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri ve Çalışma Duruşunun Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Etkileri. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), 41–51.
- Foye, P. M., Cianca, J. C. ve Prather, H. (2002), Cumulative Trauma Disorders of the Upper Limb in Computer Users, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, S12–S15.
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, Å., Winkel, J., Karlqvist, L. ve Wiktorin, C. (1995), A Portable Ergonomic Observation Method (PEO) for Computerized on-line Recording of Postures and Manual Handling, *Applied Ergonomics*.
- Grossmeier, J., Mangen, D. J., Terry, P. E. ve Haglund-Howieson, L. (2015), Health Risk Change as a Predictor of Productivity Change. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 57(4), 347–354.
- Helander, M. (2006), *A Guide to Human Factors And Ergonomics* (2. Baskı).
- Hollnagel, E. (1997), Cognitive Ergonomics: It's All in the Mind, *Ergonomics*, 40(10), 1170–1182.
- İnalçuk, E. (2019), *Investigation of Ergonomic Risks in Manufacturing Sector Using Quick Exposure Check Method*, Middle East Technical University.
- International Ergonomics Association (2019), Definition and Domains of Ergonomics, <https://www.iea.cc/whats/index.html> (Erişim Tarihi: 20.11.2019)
- Karwowski, W. ve Gavriel, S. (1998), *Ergonomics in Manufacturing*.
- Kaya, S. (2008), *Ergonomi ve Çalışanların Verimliliği Üzerine Etkileri*, İzmir.
- Kazemi, S. (2016), *Gazi Üniversitesi BESYO Öğrencileri ile Diğer Fakülterlerde Öğrenim Gören Öğrencilerin Kas İskelet Rahatsızlıkları Hakkında Farkındalıklarının Tanımlanması ve REBA Yöntemi ile Ergonomik Risk Değerlendirmesi*, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Koç, S. ve Testik, Ö. M. (2016), Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları ile İncelenmesi ve Minimizasyonu. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 27(2), 2–27.
- Küçük, O., Özbek, A. ve Küçük, N. (2015), Sağlık Sorunları Sebebiyle İşgücü Kaybının Örgüt Performansına Etkisi Üzerine Bir Çalışma, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 311–332.

- Lasota, A. M. (2014), A REBA-Based Analysis of Packers Workload: A Case Study, *Scientific Journal of Logistics*, 10(1), 87–95.
- Li, G. ve Buckle, P. (2004), Quick Exposure Checklist (QEC) for the Assessment of Workplace Risks for Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs), In *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, CRC Press.
- Li, X., Gül, M. ve Al-Hussein, M. (2019), An Improved Physical Demand Analysis Framework Based on Ergonomic Risk Assessment Tools for the Manufacturing Industry, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70, 58–69.
- Massaccesi, M., Pagnotta, A., Soccetti, A., Masali, M., Masiero, C. ve Greco, F. (2003), Investigation of Work-Related Disorders in Truck Drivers Using RULA Method, *Applied Ergonomics*, 34(4), 303–307.
- McAtamney, L. ve Corlett, E. N. (1993), RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.
- McAtamney, L. ve Hignett, S. (2000), Rapid Entire Body Assessment(REBA), *Applied Ergonomics*, 31, 201–205.
- Middlesworth, M. (2019), A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool.
- Neşeli, C. (2016), *Ergonomik Risk Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Kalıp Firmasında Uygulanması*, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Özcan, E. (2011), İş Yerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi ve Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi, *Ergonomics Risk Assessment and Quick Exposure Check (QEC)*, (616), 86–89.
- Özcan, E. ve Kesiktaş, N. (2007), Mesleki Kas İskelet Hastalıklarından Korunma ve Ergonomi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 34(7), 6–9.
- Ozcan, E., Kesiktas, N., Alptekin, K. ve Ozcan, E. E. (2008), The Reliability of Turkish Translation of Quick Exposure Check (QEC) for Risk Assessment of Work Related Musculoskeletal Disorders, *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 21(1), 51–56.
- Özel, E. ve Çetik, O. (2010), Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar ve Bir Uygulama Örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 41–56.
- Öztürk, N. Ş. ve Akbulut, Y. (2011), Hemşirelerin İş Gücü Verimliliğini Etkileyen

- Örgütsel Faktörler Konusundaki Tutumlarının Belirlenmesi, *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 10(1), 19–30.
- Rahma, R. A. A. ve Faiz, I. (2019), Work Posture Analysis of Gamelan Craft Center Workers Using Quick Methods of Ergonomic Risk Assessment, *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 1381(1), 12027.
- Rahman, C. M. (2014), Study and Analysis of Work Postures of Workers Working in a Ceramic Industry Through Rapid Upper Limb Assessment (RULA), *International Journal of Engineering*, 5(3), 8269.
- Rahmani, R., Shahnavaizi, S., Fazli, B. ve Ghasemi, F. (2020), Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Disorders Risk in a Cement Factory Workers Using QEC Teqnique, *Pajouhan Scientific Journal*, 18(2), 83–90.
- Ridd, J. E., Nicholson, A. S. ve Montan, A. J. (1989), A Portable Microcomputer Based System for ‘on Site’ Activity and Posture Recording, *Contemporary Ergonomics*, 89, 366–371.
- Riedel, J. E., Lynch, W., Baase, C., Hymel, P. ve Peterson, K. W. (2001), The Effect of Disease Prevention and Health Promotion on Workplace Productivity: A Literature Review, *American Journal of Health Promotion*, 15(3), 167–191.
- Sabancı, A. (1999), *Ergonomi*, Baki Kitabevi, Adana.
- Sabancı, A., Sümer, S. K. ve Say, S. M. (2012), *Endüstriyel Ergonomi* (1. Baskı), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Sabir, E. C., Bebekli, M. ve Zenbilci, A. (2014), Tekstil Terbiye İşletmesinde İş Akış Diyagramı İle İş Etüdü, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 81-88.
- Sağiroğlu, H., Coşkun, B. ve Erginel, N. (2015), REBA ile Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339–345.
- Sanders, M. S. ve McCormick, E. J. (1993), *Human Factors in Engineering and Design* (7. Baskı), Singapur.
- Savitri, A., Mulyati, G. T. ve Aziz, I. W. F. (2012), Evaluation of Working Postures at a Garden Maintenance Service to Reduce Musculoskeletal Disorder Risk (A case study of PT, Dewijaya Agrigemilang Jakarta), *Agroindustrial Journal*, 1(1), 21–27.
- Sencer, M., Eldem, C., Top, N. ve Şahin, İ. (2019), RULA Yöntemi Kullanarak Şehir İçi

- Otobüslerdeki Havalandırma Pencerelerinin Ergonomik Analizi, *International Symposium on Automotive Science and Technology*, Ankara.
- Sevimli, M., Atıcı Ulusu, H. ve Gündüz, T. (2018), Pirinç Paketleme İşinde Çalışanların Çalışma Koşullarının Ergonomik Risk Analizleri ile Geliştirilmesi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 38–54.
- SGK 2017 (2019), http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (Erişim Tarihi: 20.12.2019)
- Silverstein, B. ve Clark, R. (2004), Interventions to Reduce Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Journal of Electromyography and Kinesiology*.
- Su, B. A. (2001), *Ergonomi* (1. Basım), Atılım Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Sukadarin, E. H., Md Deros, B., Ghani, J. A., Ismail, A. R., Mokhtar, M. M. ve Mohamad, D. (2013), Investigation of Ergonomics Risk Factors for Musculoskeletal Disorders among Oil Palm Workers Using Quick Exposure Check (QEC), *Advanced Engineering Forum*, 10, 103–109.
- Testa, M. A. ve Simonson, D. C. (1996), Assessment of Quality-Of-Life Outcomes, *New England Journal of Medicine*, 334(13), 835–840.
- Thatcher, A. (2013), Green Ergonomics: Definition and Scope, *Ergonomics*, 56(3), 389–398.
- Turhan, E., Özdemir, G. ve Özdemir, Y. (2015), Yeşil Ergonomiye Genel Bakış, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 3(3), 559–565.
- Ünver Okan, S. ve Kaya, A. (2015), Orman Fiidanlıklarında Fidan Repikaj İşlerinde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 157–163.
- Uskun, E., Öztürk, M., Kişioğlu, A. N. ve Sönmez, Y. (2015), Bir Sanayi Sitesinde Küçük Ölçekli İşyerlerindeki Risk Faktörleri ve Yaşam Kalitesi ile İlişkisi, *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, 13(2), 97.
- Van Der Beek, A. J., Van Gaalen, L. C. ve Frings-Dresen, M. H. W. (1992), Working Postures and Activities of Lorry Drivers: A Reliability Study of On-Site Observation and Recording on a Pocket Computer, *Applied Ergonomics*, 23(5), 331–336.
- Verbeek, J., Pulliainen, M. ve Kankaanpää, E. (2009), A Systematic Review of Occupational Safety and Health Business Cases, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 35(6), 403–412.

- Village, J., Trask, C., Luong, N., Chow, Y., Johnson, P., Koehoorn, M. ve Teschke, K. (2009), Development and Evaluation of an Observational Back-Exposure Sampling Tool (Back-EST) for Work-Related Back Injury Risk Factors, *Applied Ergonomics*, 40(3), 538–544.
- What is Ergonomics? | Dohrmann Consulting (2014), <https://www.ergonomics.com.au/what-is-ergonomics/> (Erişim Tarihi: 20.11.2019).
- Wiktorin, C., Mortimer, M., Ekenvall, L., Kilbom, Å. ve Hjelm, E. W. (1995), HARBO, A Simple Computer-Aided Observation Method for Recording Work Postures, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 21(6), 440–449.

