

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**RAFİNERİ İNŞAATINDAKİ İSKELE FAALİYETLERİNİN  
ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE GELİŞTİRİLMİŞ  
OVAKO ÇALIŞMA DURUŞLARI ANALİZ SİSTEMİ (OWAS)  
ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Hakan ERDOĞAN**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı**

**EYLÜL 2024  
İSTANBUL**

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**RAFİNERİ İNŞAATINDAKİ İSKELE FAALİYETLERİNİN  
ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE GELİŞTİRİLMİŞ  
OVAKO ÇALIŞMA DURUŞLARI ANALİZ SİSTEMİ (OWAS)  
ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Hakan ERDOĞAN**  
(191215015)  
(0000-0001-8351-7969)

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI**  
**Eş Danışman: Prof. Dr. Hakan TOZAN**

**İstanbul 2024**



T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

16.07.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 16.07.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği (Doktora) Programı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI**

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Doç. Dr. Melis Almula KARADAYI**

Üye (İmza)

İstanbul Medipol Üniversitesi

**Doç. Dr. Redvan GHASEMLOUNIA**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Aytaç Uğur YERDEN**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLAN**

Üye (İmza)

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

## YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘‘Rafineri İnşaatındaki İskele Faaliyetlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi ve Geliştirilmiş Ovako alışma Duruşları Analiz Sistemi (OWAS) Önerisi’’ adlı, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya ‘da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (13/09/2024)

Hakan ERDOĞAN

## ÖNSÖZ

Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) dünyada çalışan sağlığı açısından ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Modern çalışma hayatında teknolojilerin gelişmesiyle birlikte bu rahatsızlıkların azalacağı düşünülse de kötü postürler ve malzeme elleçlemesi var olduğu sürece çalışanların için KİSR risk oluşturmaya devam edecektir. İskele kurulum ve söküm faaliyetleri halen insan gücü ile icra edilen faaliyetlerdir. Çalışmamızda rafineri inşaatında yapılan iskele faaliyetlerindeki işçilerin postürleri ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile ele alınmıştır. Bu çalışma, ergonomi biliminin ve iş sağlığı disiplininin kesişim noktasında, teorik bilgilerle pratik çözümleri bir araya getirerek hem akademik hem de sektörel anlamda katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Önerilen ve uygulamaya konulan önleyici ve düzenleyici faaliyetler sektörde çalışan herkese rehber niteliğinde olacaktır.

Doktora tezim süresince deneyim ve bilgileriyle bana yol gösteren ve beni teşvik ederek devamlı destekleyen değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI'ya ve eş danışmanım Prof. Dr. Hakan TOZAN'a, doktora tezimin başından tamamlanmasına kadar değerli zamanlarını ayırıp katkıda bulunan kıymetli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLAN'a ve Öğr. Üyesi Melis Almula KARADAYI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamı; sevgili ailem, eşim Doç. Dr. Esra ERDOĞAN'a, kızım Nehir Naz ERDOĞAN'a ve oğlum Mert ERDOĞAN'a ithaf ediyorum.

Eylül 2024

Hakan ERDOĞAN

Yüksek Makine Mühendisi  
A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı  
NEBOH Tutor & NEBOSH IGC  
Grad IOSH  
KKD Denetçisi  
45001 Baş Denetçisi

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Araştırmanın Konusu .....	1
1.2 Araştırmanın Amacı .....	1
1.3. Literatür Araştırması .....	2
1.3.1. RULA yönteminin literatür araştırması .....	2
1.3.2. REBA yönteminin literatür araştırması .....	8
1.3.3. OWAS yönteminin literatür araştırması .....	14
1.3.4. RULA, REBA ve OWAS yöntemlerin birlikte kullanıldığı çalışmaların literatür taraması .....	19
<b>2. İSKELELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>22</b>
2.1. İskele Tanımları.....	23
2.2. İskele Terminolojisi.....	24
2.3. İskele Parçaları .....	25
2.3.1. Taban plakası.....	25
2.3.2. Altlık (yastık).....	26
2.3.3. Dikme .....	26
2.3.4. Çalışma platformu .....	27
2.3.5. Ara yan koruma ve ana korkuluk .....	27
2.3.6. Topuk levhası (süpürgelik).....	28
2.3.7. İskele merdivenleri .....	28

2.3.8. Bağlama .....	29
2.3.9. Enine ve boyuna ara bağlantılar .....	29
2.3.10. Modüler sistem .....	30
2.3.11. Kaplama.....	30
2.3.12. Yatay ve düşey takviye.....	31
2.4. İskele Sistemi Kısa Gösterilişi .....	31
2.5. İskelenin Kurulumu.....	32
<b>3. ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN</b>	
<b>İNCELENMESİ .....</b>	<b>35</b>
3.1. RULA Yönteminin İncelenmesi.....	35
3.1.1. RULA üst kol postür değerlendirmesi.....	36
3.1.2. RULA alt kol postür değerlendirmesi .....	36
3.1.3. RULA bilek postür değerlendirmesi.....	37
3.1.4. RULA A puanı bulunması.....	37
3.1.5. RULA bilek, el ve kol yük (kuvvet) puanı hesaplaması .....	38
3.1.6. RULA bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı .....	38
3.1.7. RULA bilek, el ve kol puanının hesaplanması.....	38
3.1.8. RULA boyun postür değerlendirmesi .....	38
3.1.9. RULA gövde postür değerlendirmesi.....	39
3.1.10. RULA bacakların postür değerlendirmesi.....	39
3.1.11. RULA B puanı bulunması .....	39
3.1.12. RULA boyun, gövde, bacak yük (kuvvet) puanı hesaplaması .....	40
3.1.13. RULA boyun, gövde, bacak kaslarının kullanım süresi puanı .....	40
3.1.14. RULA boyun, gövde, bacak puanının hesaplanması.....	40
3.1.15. RULA C puanı bulunması .....	40
3.1.16. RULA riskin derecesi .....	41
3.2. REBA Yönteminin İncelenmesi.....	41
3.2.1. REBA boyun puanının hesaplanması.....	43
3.2.2. REBA gövde puanının hesaplanması .....	43
3.2.3. REBA bacakların puanının hesaplanması .....	44
3.2.4. REBA A tablosu puanının bulunması .....	44
3.2.5. REBA Yük (Kuvvet) Puanı Hesaplaması.....	45
3.2.6. REBA üst kol puanı hesaplaması .....	45
3.2.7. REBA alt kol puanı hesaplaması .....	46

3.2.8. REBA bilek puanı hesaplaması .....	46
3.2.9. REBA tablo B puanı hesaplaması .....	47
3.2.10. REBA kavrama puanı hesaplaması .....	47
3.2.11. REBA tablo C puanı hesaplaması .....	47
3.2.12. REBA aktivite puanı.....	48
3.2.13. REBA sonuç puanı hesaplanması.....	48
3.2.14. REBA riskin derecelendirilmesi .....	48
3.3. OWAS Yönteminin İncelenmesi.....	49
3.3.1. OWAS sırt postürünün puanlanması .....	51
3.3.2. OWAS kol postürünün puanlanması .....	51
3.3.3. OWAS bacak postürünün puanlanması.....	52
3.3.4. OWAS yük (kuvvet) puanlaması.....	53
3.3.5. OWAS sonuç puanı .....	54
3.3.6. OWAS risk derecesi .....	55
<b>4. METERYAL VE METOT .....</b>	<b>56</b>
4.1. Katılımcı Seçimi ve Veri Gözlemleri.....	56
4.2. Revir Kayıtları.....	57
4.3. Pearson Korelasyon Katsayısı Uygulanması.....	57
4.4. Çalışmada Kullanılan Postürlerin Değerlendirilmesi.....	59
4.5. Geliştirilmiş OWAS (G-OWAS) Yöntemi Önerisi.....	69
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>71</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>83</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>90</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>101</b>
Ek-1: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	101
Ek-2: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	102
EK-3: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	103
Ek-4: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	104
Ek-5: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	105
Ek-6: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	106
Ek-7: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	107
Ek-8: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	108
Ek-9: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	109
Ek-10: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	110

Ek-11: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	111
Ek-12: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	112
Ek-13: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	113
Ek-14: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	114
Ek-15: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	115
Ek-16: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	116
Ek-17: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	117
Ek-18: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	118
Ek-19: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	119
Ek-20: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	120
Ek-21: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	121
Ek-22: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	122
Ek-23: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	123
Ek-24: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi .....	124
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>125</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER

<b>BN</b>	: Bayes Ağsı (Bayesian networks)
<b>bs</b>	İskele çıkma genişliği
<b>CV</b>	: Bilgisayarlı Görme (Computer Vision)
<b>FMEA</b>	: Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effects Analysis)
<b>hl</b>	: İskele kat yüksekliği
<b>hs</b>	: İskele yüksekliği
<b>IMU</b>	: Düşük Maliyetli Atalet Ölçüm Birimi (Low Cost Inertial Measurement Unit)
<b>Is</b>	: İskele çıkma uzunluğu
<b>İHA</b>	: İnsansız Hava Aracı (Drone)
<b>İSGGM</b>	: İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
<b>İSG</b>	: İş Sağlığı ve Güvenliği
<b>KKD</b>	: Kişisel Koruyucu Donanım
<b>KİSR</b>	: Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları
<b>KPI</b>	: Anahtar Performans Göstergeleri (Key Performance Indicators)
<b>NASA-TLX</b>	: NASA-Görev Yüğü Endeksi (NASA Task Load Index)
<b>NIOSH</b>	: Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health)
<b>G-OWAS</b>	: Geliştirilmiş Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (Improved Ovako Working Posture Analyzing System)
<b>OWAS</b>	: Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System)
<b>PATH</b>	: Duruş Aktivite Araçları Taşıma (Posture Activity Tools Handling)
<b>PSO</b>	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
<b>RAILER</b>	: RULA Risk Seviyesi Tahmini (RULA Risk Level Prediction)
<b>RULA</b>	
<b>REBA</b>	: Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment)
<b>RULA</b>	: Hızlı Üst Uzun Değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assesment)
<b>SA</b>	: Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)
<b>QFD</b>	: Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment)

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b>Sayfa No:</b>
Çizelge 1.1: RULA Literatür Taraması.....	7
Çizelge 1.2: REBA Literatür Taraması.....	13
Çizelge 1.3: OWAS Literatür Taraması.....	18
Çizelge 1.4: RULA, REBA ve OWAS Literatür Taraması .....	21
Çizelge 3.1: RULA A Puanı Değerlendirmesi	37
Çizelge 3.2: RULA B Tablosu Puan Hesaplaması	40
Çizelge 3.3: RULA C Tablosu Puan Hesaplaması	41
Çizelge 3.4: RULA Sonuç Puan Hesaplaması	41
Çizelge 3.5: REBA A Tablosu Hesaplaması	44
Çizelge 3.6: REBA Yük Puanı Hesaplaması	45
Çizelge 3.7: REBA Tablo B Puanı Hesaplaması	47
Çizelge 3.8: REBA Tablo C Puanı Hesaplaması	48
Çizelge 3.9: REBA Risk Derecelendirmesi.	49
Çizelge 3.10: OWAS Yük (Kuvvet) Puanlanması	54
Çizelge 3.11: OWAS Sonuçlara Göre Eylem Dereceleri	55
Çizelge 4.1: İskele Çalışanlarının Yaşlara Göre Dağılımları	56
Çizelge 4.2: KİSR ve İşe Devamsızlık Sayıları	57
Çizelge 4.3: Pearson Korelasyon Katsayısı Uygulanması	59
Çizelge 4.4: G-OWAS Frekansları	69
Çizelge 4.5: G-OWAS Sonuçları	70
Çizelge 5.1: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi	71
Çizelge 5.2: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Anlamı	71
Çizelge 5.3: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Anlamının Grafikselleştirilmesi	72
Çizelge 5.4: REBA Risk Puanlarının Grafikselleştirilmesi	72
Çizelge 5.5: REBA Riskin Derecelendirilmesinin Grafikselleştirilmesi	73
Çizelge 5.6: REBA Risk Seviyesinin Grafikselleştirilmesi	73

Çizelge 5.7: REBA Risk Sonuçlarına Göre Alınması Gereken Önlemlerin Grafikselle Gösterimi	74
Çizelge 5.8: REBA Risk Değerlendirmesi Sonuçları	74
Çizelge 5.9: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarına Göre Önlemlerin Grafikselle Gösterimi	75
Çizelge 5.10: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarına Göre Eylem Durumlarının Grafikselle Gösterimi	75
Çizelge 5.11: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarının Tablosal Gösterimi	76
Çizelge 5.12: G-OWAS Risk Seviyeleri	76
Çizelge 5.13: G-OWAS Sonuçlarına Göre Önlem Durumları	77
Çizelge 5.14: G-OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarının Tablosal Gösterimi	77
Çizelge 5.15: A1 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	78
Çizelge 5.16: A2 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	79
Çizelge 5.17: A3 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	79
Çizelge 5.18: A4 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	80
Çizelge 5.19: A5 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	80
Çizelge 5.20: A6 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	81
Çizelge 5.21: A7 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	82
Çizelge 5.22: A8 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	82
Çizelge 6.1: Yöntemlerin Ekipman Bazlı Risk Seviyelerinin Karşılaştırılması	84
Çizelge 6.2: Yöntemlerin Uygulanabilirlik Karşılaştırması	85
Çizelge 6.3: İyileştirme Sonucu Revir Kayıtları	88

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 2.1: İskele Türleri (1a-Hareketli İskele 1b-Asma İskele 1c-Cephe İskele) .....	23
Şekil 2.2: İskele Parçalarının Genel Görünümü.....	24
Şekil 2.3: Taban Plakası Türleri.....	25
Şekil 2.4: İskele Altlığı.....	26
Şekil 2.5: Dikme Örnekleri .....	26
Şekil 2.6: Çalışma Platformları .....	27
Şekil 2.7: Ara Yan Koruma ve Ana Korkuluk .....	27
Şekil 2.8: Topuk Levhası .....	28
Şekil 2.9: İskele Merdivenleri .....	28
Şekil 2.10: Bağlama Elemanları.....	29
Şekil 2.11: Enine ve Boyuna Ara Bağlantılar .....	29
Şekil 2.12: Modüler Sistem.....	30
Şekil 2.13: İskelelerin Kaplanması .....	30
Şekil 2.14: İskele Sistemin Kısa Gösterilişi.....	32
Şekil 2.15: İskele Kurulum Faaliyetleri .....	33
Şekil 3.1: RULA Üst Kolların Değerlendirmesi	36
Şekil 3.2: RULA Alt Kolların Değerlendirmesi	36
Şekil 3.3: RULA Bilek ve Kolların Değerlendirmesi	37
Şekil 3.4: RULA Boyun Postür Değerlendirmesi	39
Şekil 3.5: RULA Gövde Postür Değerlendirmesi	39
Şekil 3.6: REBA Sonuç Skorunun Bulunması	42
Şekil 3.7: REBA Boyun Postür Değerlendirmesi	43
Şekil 3.8: REBA Boyun Gövde Değerlendirmesi	43
Şekil 3.9: REBA Bacakların Değerlendirmesi	44
Şekil 3.10: REBA Üst Kolların Değerlendirmesi	45
Şekil 3.11: REBA Alt Kolların Değerlendirmesi	46
Şekil 3.12: REBA Bileklerin Değerlendirmesi	46

Şekil 3.13: OWAS Sırt Postürünün Puanlanması	51
Şekil 3.14: OWAS Kol Postürünün Puanlanması	52
Şekil 3.15: OWAS Bacak Postürünün Puanlanması	53
Şekil 3.16: OWAS Çalışma Postürlerinin Puanları	54
Şekil 3.17: OWAS Sonuç Puanı	55
Şekil 4.1: Gaz İşleme Tesisi P2 ve Amursky TF Görünümü	56
Şekil 4.2: İskele Yan Elamanlarının Montajı	60
Şekil 4.3: İskele Merdiven Sisteminin Montajı	61
Şekil 4.4: İskele Çalışma Platformunun Montajı	62
Şekil 4.5: İskele Korkuluklarının Montajı	63
Şekil 4.6: Topuk Levhasının (Süpürgelik) Montajı	64
Şekil 4.7: Çapraz Bağlantıların Montajı	65
Şekil 4.8: Taban Plakalarının Montajı	67
Şekil 4.9: Boru Kelepçelerinin Montajı	68

# RAFİNERİ İNŞAATINDAKİ İSKELE FAALİYETLERİNİN ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE GELİŞTİRİLMİŞ OVAKO ÇALIŞMA DURUŞLARI ANALİZ SİSTEMİ (OWAS) ÖNERİSİ

## ÖZET

İskele grubu çalışanlarında Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) yaygın olarak görülebilmektedir. Sağlık sorunlarına ilave olarak işgücü kaybı ve maddi kayıplarda söz konusudur. Rafineri inşaatında boru, mekanik, kaynak, boya, izolasyon, elektrik, inşaat gibi grupların işlerini yapabilmeleri için iskele kullanmaları gerekmektedir. İskele kurulum ve söküm faaliyetleri şantiye bitene kadar devam etmektedir.

Rafineri inşaatında iskele çalışanlarının %34,4'ü KİSR yaşamaktadır. Bunun sonucu olarak kaslar, tendonlar, ligamentler, eklemler, sinirler ve kemiklerde ağrı, şişlik ve hareket kısıtlılığı görülmektedir. Pearson Korelasyon Katsayısına göre iskele grubu çalışanlarının yaptıkları işe bağlı olarak KİSR'na yakalandığı ve işe devamsızlık yaptığı çalışan yaşlarına göre incelenmiş ve aralarında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Bu akademik çalışma, rafineri inşaatında iskele çalışanları arasında yaygın olarak görülen KİSR'in ergonomik risk faktörlerini ve bu risklerin azaltılması için önerilen iyileştirme stratejilerini ele almaktadır. Çalışanların postürleri; Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA), Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi (RULA), Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (OWAS) ve Geliştirilmiş Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (G-OWAS) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılmasına, iskele grubundaki çalışanların KİSR'nın fazla olmasından dolayı kök sebep analizi sonucunda karar verilmiştir. OWAS yöntemine frekans eklenerek G-OWAS yöntemi önerilmiştir. Uygulanan ergonomik risk değerlendirmesi sekiz farklı ekipmanın montajı için yapılmış genel olarak iskele çalışanlarına yönelik düzenleyici ve önleyici tedbirlerin alınması gerekliliği sonucu ortaya çıkmıştır.

İskele montaj faaliyetlerine ilişkin detaylı bir çalışma eksikliği, bu çalışmanın saha gözlemlerine dayalı olarak gerçekleştirilmesi ve G-OWAS yönteminin ilk kez uygulanması, çalışmamızın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Bu çalışma, gelecekte yapılacak akademik araştırmalara da rehberlik etme potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak çalışmamız, büyük ölçekli projelerde ergonomik risklerin önemini vurgulamakta ve ergonomik yaklaşımların işçi sağlığını koruma ve iş verimliliğini artırma konusundaki kritik rolünü ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** RULA, REBA, OWAS, G-OWAS, İskele, Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları, Pearson Korelasyon Katsayısı, Ergonomik Risk Değerlendirmesi.

# **ERGONOMIC RISK ASSESSMENT OF SCAFFOLDING ACTIVITIES IN REFINERY CONSTRUCTION AND PROPOSAL OF THE IMPROVED OVAKO WORKING POSTURE ANALYSIS SYSTEM (OWAS)**

## **ABSTRACT**

Musculoskeletal Disorders (MSDs) are common among scaffold group workers. In addition to health problems, there are labour and financial losses. Scaffolding is necessary for groups such as piping, mechanical, welding, painting, insulation, electrical, and construction to perform their tasks in refinery construction. Scaffold installation and dismantling activities continue until the site is completed.

In refinery construction, 34.4% of scaffold workers experience MSDs. As a result, pain, swelling, and limited movement are observed in muscles, tendons, ligaments, joints, nerves, and bones. According to the Pearson Correlation Coefficient, a significant relationship has been found between scaffold group workers' tasks, the incidence of MSDs, and absenteeism, analyzed according to the workers' ages. This academic study addresses the ergonomic risk factors of MSDs commonly seen among scaffold workers in refinery construction and the proposed improvement strategies to mitigate these risks. Workers' postures were assessed using the REBA, RULA, OWAS, and G-OWAS. The decision to conduct this assessment was made based on a root cause analysis due to the high incidence of MSDs among scaffold workers. The G-OWAS method was proposed by adding frequency to the OWAS method. The ergonomic risk assessment applied was conducted for the assembly of eight different types of equipment, highlighting the urgent need for regulatory and preventive measures aimed at scaffold workers.

The uniqueness of our study lies in the absence of a detailed analysis of scaffolding assembly activities, the fact that it is based on field observations and the first-time application of the G-OWAS method. This research has the potential to guide future academic studies as well. In conclusion, our study underscores the importance of ergonomic risks in large-scale projects and highlights the critical role of ergonomic approaches in protecting worker health and enhancing work efficiency.

**Keywords:** *RULA, REBA, OWAS, G-OWAS, Scaffolding, Musculoskeletal Disorders, Pearson Correlation Coefficient, Ergonomic Risk Assessment.*

## 1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, yüksek riskli çalışma koşulları ve fiziksel zorlukları nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından özel bir öneme sahiptir. Bu sektörde çalışan işçilerin maruz kaldığı ergonomik riskler, uzun süreli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. İskele grubu, inşaat faaliyetlerinin kritik bir parçası olup, işçilerin yüksek katlarda güvenli bir şekilde çalışabilmesi için temel bir yapı sağlamaktadır. Ancak, bu grubun çalışma koşulları, KİSR açısından önemli riskler taşımaktadır. KİSR, tekrarlayan zorlanmalar, ağır yük kaldırma, uygunsuz çalışma postürleri ve sürekli tekrarlanan hareketler gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Bu bağlamda, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması, işçilerin sağlık ve güvenliklerinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışmanın temel hedefi, iskele grubunun KİSR'nı minimize etmek için uygulanabilir ergonomik çözümler geliştirmek ve inşaat sektöründe iş güvenliği kültürünün yaygınlaştırılmasına katkıda bulunmaktır. Elde edilen bulgular hem akademik literatüre hem de sektörel uygulamalara önemli katkılar sağlayacaktır.

### 1.1 Araştırmanın Konusu

Bu tez çalışmasında, iskele faaliyetlerinde çalışanların maruz kaldıkları ergonomik riskler değerlendirilmiştir. Farklı ergonomik risk değerlendirme metodolojileri karşılaştırmalı postürlere uygulanmış ve ergonomik iyileştirme önerileri getirilmiştir. Literatür taramasında inşaat işleri genelinde çok az sayıda çalışmalar bulunsa da iskele kurulum faaliyetlerinde çalışmalara rastlanılmamıştır. Hem RULA, REBA, OWAS yöntemlerin iskele faaliyetlerinde ilk kez uygulanması hem de G-OWAS yöntemi önerilmesi açısından önem arz etmektedir.

### 1.2 Araştırmanın Amacı

Bu tezin ve araştırmanın amacı hem ergonomik hem de iş sağlığı ve güvenliği bilimlerine, inşaat sektöründe daha yaygın risk değerlendirmeleri yapılması

gerekliliğini ortaya koyarak özellikle iskele grubu çalışanların KİSR incelenip çözüm önerileri getirmeyi sağlamaktır.

### **1.3. Literatür Araştırması**

Literatür taraması tezde kullanılan her bir yöntem için ayrı ayrı ve hepsinin bir arada olduğu çalışmalar için yapılmıştır. İnşaat sektöründe yapılanlar daha öncelikli olarak göz önünde bulundurulmuştur.

#### **1.3.1. RULA yönteminin literatür araştırması**

Jorgensen ve ark. (2024), ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini kıyaslamışlardır. Yaygın olarak kullanılan RULA'nın, tek bir görevi değerlendirmek için tasarlandı ve çok görevli bir işin genel bir değerlendirmesi için rehberlik sunamayacağını belirtmişlerdir.

Silva ve ark. (2024), süpermarket kasiyerleri arasında KİSR yaygın olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmalarında farklı ürünlerin taşınması ve farklı ödeme koşullarını göz önünde bulundurarak süpermarket kasiyerlerindeki kas-iskelet yüklerini analizini Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirmesi (RULA) ve Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA) yöntemlerini kullanarak yapmışlardır. Çalışmaya Portekiz'deki bir süpermarkette çalışan ve yaşları 19 ile 61 arasında değişen beş kadın kasiyer dahil edilmiştir. Ürün taraması içeren mikro görevler için RULA puanlarının daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. REBA ile analiz edilen mikro görevlerde, kasadaki fiş makinesi için kâğıt ruloların değiştirilmesi en yüksek puanları vermiştir.

İnşaat işçilerinin güvenliği ve ergonomik risklerden korunmaları için duruş tahmini kritik önem taşımaktadır. Geleneksel yöntemlerin yetersizlikleri ve zaman alıcı olması nedeniyle bilgisayarlı görme (CV) tabanlı 3D duruş tahmini yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Fan ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, inşaat işçileri için REBA ve RULA metodolojilerine destek olacak kapsamlı bir biyomekanik iskelet modeli sunmuşlardır. Araştırmada 5 erkek ve 2 kadın denekten oluşan bir grup ile 14 farklı inşaat faaliyeti kaydedilmiştir. REBA ve RULA skorlarını tahmin etmek için CV tabanlı metodolojiler geliştirmişlerdir.

Saptiri ve ark. (2023), RULA analizinin iş yerindeki riskleri belirlemekte ve gerekli ergonomik düzenlemeleri yapmak için güçlü bir temel sağladığını savunmuşlardır.

Endonezya'da bir petrol ve gaz hizmet şirketinde manuel malzeme taşıma işlemlerini incelemişlerdir. Çalışmada, işçilerin günlük görevleri sırasında yaşadıkları ağrı ve rahatsızlıklar Nordic Body Map anketi ile ölçülmüş ve sonuçlar, işçilerin çeşitli vücut bölgelerinde ağrı yaşadıklarını göstermiştir. Ardından RULA, REBA ve NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) lifting equation kullanılarak risk değerlendirmeleri yapılmışlardır. Bu tür değerlendirmelerin, iş güvenliğini artırmanın yanı sıra, iş verimliliğini ve çalışan memnuniyetini de artırmada önemli bir rol oynadığını ifade etmişlerdir.

İşle ilgili KİSR, üretim endüstrisinde yaygın bir endişe kaynağıdır ve çoğunlukla boyun, gövde ve üst ekstremiteleri etkileyen iş görevlerinin duruşsal yük gereksinimleri tarafından tetiklenir. Senjaya ve ark. (2023), çalışmalarında dengesiz verileri işleyen KİSR riskini tahmin etmek için üç aşamalı bir çerçeve önermeyi amaçlamışlardır. İlk aşama, veri toplama ve işlemekten oluşan veri hazırlanmasıdır. İkinci aşama, RULA puan hesaplamamızın değerlendirilmesidir. Son aşamada, risk seviyesini iki adımda tahmin edilmesini kapsamaktadır. Çalışma, dengesiz veri sorununu üç aşamada ele alan bir RULA risk seviyesi tahmini (RAILER) çerçevesi önermektedir.

González-Alonso ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada Avrupa Birliği'ndeki en yaygın meslek hastalıkları kas-iskelet sistemi bozuklukları olduğunu ve KİSR'in iş kazalarına ve işten kaynaklı hastalık izinlerine sebep olarak üretim üzerinde büyük maliyetlere yol açtığını belirtmişlerdir. Uygun maliyetli, açık kaynaklı araçlar ve özel tasarım IMU sensörleri kullanarak uçtan uca bir ergonomi değerlendirme sistemi geliştirmeyi ve bu sistemin otomotiv endüstrisinde uygulanabilirliğini ve ticari çözümlerle uyumluluğunu göstermeyi amaçladılar. Ergonomik risk değerlendirmesinde RULA metodunu kullandılar. Eklem açıları ve RULA skorları arasındaki korelasyon yüksek buldular. Çalışma, ergonomi değerlendirmesi için veri odaklı, nesnel yöntemlerin kullanımını yaygınlaştırmayı hedeflemektedir.

Villalobos ve Mac Cawley (2022), düşük maliyetli atalet ölçüm birimi (IMU) sensörleri ve makine öğrenimi algoritmaları kullanarak mezbahane çalışanlarının RULA skorlarını ve bıçak keskinliğini tahmin etmeyle ilgili çalışma yapmışlardır. Mezbahane çalışanlarının KİSR riskini azaltmayı hedefleyen bu çalışma, bileklere yerleştirilen IMU tabanlı sensörler aracılığıyla elde edilen verileri kullanarak bıçak

keskinliğini sınıflandırmak ve çalışanların RULA skorlarını doğru bir şekilde tahmin edebileceğini göstermektedir.

Dockrell ve ark. (2022), çocukların bilgisayarla ilgili duruşlarını değerlendirmek için RULA kullanmışlardır. Okul çağındaki 24 çocuğun video kayıtları, duruşlarını RULA kullanarak değerlendiren altı eğitimli değerlendirici tarafından iki ayrı seferde bağımsız olarak izlenmiştir. RULA, büyük çocukların (8-12 yaş) değerlendirilmesinde küçük çocuklara (4-7 yaş) kıyasla daha güvenilir bulmuşlardır. Ancak çalışmada RULA'nın pediatrik popülasyon üzerindeki güvenilirliği belirlenmemiştir. RULA ergonomik değerlendirmenin bir parçası olarak faydalı olabileceği, ancak güvenilirlik seviyesi çocukları ve özellikle de küçük çocukları değerlendirirken tek başına kullanımı konusunda dikkatli olunmasını gerektiğini ifade etmişlerdir.

Boriboonsuksri ve ark. (2022), işle ilgili KİSR'i önceliklendirmek için karma bir ergonomik araç analizi algoritması önermişlerdir. Çalışmalarında mango hasadı süreçlerini takip eden işleri analiz etmişlerdir. Mango hasadı yapılan bir çiftlikte çalışırken algılanan fiziksel efor, modifiye edilmiş Standart Nordic Anketi ile Borg CR-10'a dayandırmışlardır. Postürleri RULA ve REBA ile değerlendirmişlerdir. RULA ve REBA değerlendirmeleri, işçilerin belirli bir sınırın üzerinde çalıştığını göstermiştir. RULA, işçilerin çoğunluğunun yüksek risk seviyeleri altında olduğunu ve acil değişiklikler yapılması gerektiğini belirlemiştir. REBA bazı işçilerin daha düşük risk seviyelerinde olduğunu, ancak çoğunun hala yüksek risk seviyelerinde olduğunu belirtmiştir.

Vijayakumar ve Choi (2022) yaptıkları çalışmada ergonomik risk değerlendirmelerinin, inşaat işçilerinin sağlığına zararlı olabilecek çalışma postürlerini belirlemek için kritik öneme sahip olduğunu söylemişlerdir. İşle ilgili KİSR'in el ile yapılan faaliyetler ve kötü çalışma koşulları nedeniyle inşaat sektöründe yaygın olarak görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu çalışma, Web of Science veritabanındaki bibliyometrik verilerin değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. 2020 yılından sonra ABD, Çin ve Kanada'da inşaat sektöründe çalışanların postürlerin ergonomik risk değerlendirme çalışmalarında önemli ilerlemelerin başladığını göstermişlerdir. Özellikle Duruş Aktivite Araçları Taşıma (PATH), OWAS ve RULA gibi ergonomik risk değerlendirmelerini göz önüne almışlardır.

Manghisi ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada Microsoft Kinect v2 derinlik kamerasına dayanan ve gerçek zamanlı olarak uygunsuz duruşları tespit etmeyi amaçlayan yarı otomatik bir RULA değerlendirme yazılımı olan K2RULA kullanmışlardır. K2RULA, RULA değerlendirmesi için hızlı, yarı otomatik ve düşük maliyetli bir araç olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. K2RULA ve RULA uzmanı arasında %96 oranında uyum bulmuşlardır.

Villacís Jara ve ark. (2022) montaj hattı operatörlerinin karşılaştığı ergonomik riskleri, Kinect V2 sensörü kullanılarak RULA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Kinect V2 sensörü, çalışan hareketleri hakkında veri yakalar ve bu veriler ergonomik risk faktörlerini hesaplamak için işlenmiştir. Sistem, Matlab'da bir arayüz oluşturarak RULA yöntemine dayalı gerçek zamanlı ergonomik değerlendirmeler yapmıştır. Çalışma, bir metal işleme fabrikasında, köprü kirişi montaj hattındaki bir operatöre odaklanarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, gelişmiş teknolojinin ergonomik değerlendirmelere entegrasyonunun potansiyelini göstermekte ve çeşitli endüstriyel ortamlarda daha kesin ve güvenilir değerlendirmeler için yol açmaktadır.

Colim ve ark. (2021), orta yoğunlukta fiber levha bileşenlerinin montajına odaklanan bir mobilya üretim şirketinde iki kadın çalışanın postürlerini incelemişlerdir. Montaj görevleri sırasında kinematik verileri kaydetmek için atalet hareket birimleri (IMU) kullanılmıştır. Kas-iskelet riskini tahmin etmek için IMU ile ölçülen ergonomik eklem açılarını entegre eden RULA metodunu uygulamışlardır. RULA raporları, robotik uygulamadan sonra kas-iskelet riskinde azalma olduğunu göstermiştir. Bilek duruşlarında önemli iyileşmeler gözlenmiş ve nötr pozisyonlardan açısal sapmalar azalmıştır. Bu çalışma, robot destekli montajın kas-iskelet risklerini azaltmada ve işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmede önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamaktadır.

Nayak ve Kim (2021) yaptıkları çalışmada, işyeri duruşlarının görüntülerine dayalı olarak bilek duruşu puanları da dahil olmak üzere RULA puanlarını tahmin etmek için derin öğrenme algoritması kullanan otomatik, RULA tabanlı bir duruş değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemle, postüral değerlendirme için gereken süreyi azaltıp, manuel yaklaşımla üretilenlerle tutarlı, son derece güvenilir RULA skorları üretmeyi hedeflemişlerdir.

Manuel malzeme taşıma işleri, yüksek ergonomik riskler taşımaktadır ve işçilerin sağlıklarını korumak için ergonomik değerlendirme araçlarının etkin bir şekilde

kullanılması gerekmektedir. Rajendran ve ark. (2021), manuel malzeme taşıma işlerinde çalışan işçilerin KİSR'ını incelemişlerdir. Çalışmanın odak noktası, manuel malzeme taşıma sırasında yaşanan ergonomik sorunların nedenlerini ve bu sorunları azaltmak için kullanılacak ergonomik araçları belirlemektir. Araştırmada RULA, REBA ve NIOSH kullanılarak ergonomik risk seviyeleri belirlenmiştir. RULA ve REBA gibi araçlar, işçilerin üst ekstremité ve tüm vücut üzerindeki ergonomik riskleri değerlendirmede etkili olduğu, NIOSH kaldırma denkleminin ise kaldırma ve indirme işlerinde risk seviyelerini belirlemek için kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Joshi ve Deshpande (2021), RULA yönteminin duyarlılığını incelemeyi ve duyarsız ve duyarlı duruş bölgelerini tanımlamayı amaçlamışlardır. Duyarlılık Analizi (SA), bir veya daha fazla giriş değişkeninin belirsizliklerinin, çıkış değişkenleri üzerindeki etkilerini ölçen bir tekniktir. SA ve ordinal regresyon analizi kullanılarak, duruş değerlendirme yönteminin derinlemesine anlaşılması sağlanmıştır. Değişiklik gözlenmeyen duruş kombinasyonları ve ilgili aralıklar not edilmiştir. RULA skorunu tahmin etmek için en etkili vücut değişkeni ve ağırlığı belirlenmiştir. RULA metodolojisinin duyarlılık analizi, vücut değişkenlerinin duruş skorları üzerindeki etkilerini anlamada önemli bir araç olduğu sonucuna varmışlardır.

Kunar ve ark. (2021) yaptıkları vaka çalışmasında, Hindistan'daki açık ocak madenlerinde çalışan inşaat işçileri ve damperli kamyon şoförlerinin elle malzeme taşıma görevlerinde (yükleme, granit kesme, beton karıştırma, tuğla işi ve sıvama) ergonomi düzeyini değerlendirmeyi ve anlamayı amaçlamışlardır. Çalışma, kas-iskelet sistemi bozukluğu düzeyinin belirlenmesini ve yanlış çalışma duruşu nedeniyle en çok etkilenen vücut bölümlerinin tahmin edilmesini içermektedir. Bu çalışmada yer alan kapsamlı metodoloji, inşaat işçilerinin ve damperli kamyon sürücülerinin çalışma duruşuyla ilgili riski bulmak için hızlı üst ekstremité değerlendirmesi (RULA) ve hızlı tüm vücut değerlendirmesi (REBA) tekniklerini içerir.

RULA, ergonomik risk değerlendirmelerinde işçilerin postürlerini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan pratik bir araçtır. Ergonomik ve epidemiyolojik çalışmalarda risk faktörlerini belirlemeye yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Wang ve ark. (2015), inşaat sektöründe işle ilgili KİSR'nin işçilerin kas-iskelet sisteminde ani veya sürekli streslere yol açarak yaralanmalara veya kalıcı sakatlıklara

neden olabileceğini belirtmişlerdir. Düşük maliyetli ve minimum müdahale gerektirmesi, RULA yönteminin sahada kullanımı uygun kıldığını söylemişlerdir. Ancak subjektif değerlendirmelere dayanması ve sürekli değerlendirme yapılamaması gibi sınırlamaları bulunduğu sonuç olarak ifade edilmiştir. Ayrıca inşaat alanında bu yöntemlerin uygulanabilirliği konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç gerekliliğini iddia etmişlerdir.

RULA yöntemi kullanılarak yapılan akademik çalışmalar Çizelge 1.1’de özetlenmiştir. Literatür çalışmasında iskele faaliyetlerinin değerlendirmesinde RULA yönteminin kullanımına rastlanılmamıştır.

**Çizelge 1.1: RULA Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
1	Jorgensen ve ark., 2024.	Üst Ekstremité ve Bel Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları Riski İçin Çoklu Görev Ergonomik Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	Derleme/ Yöntemlerin karşılaştırması
2	Silva ve ark.,2024.	Süpermarket Kasiyerleri Arasındaki Kas İskelet Yüklerini Anlamak: Biyomekanik Bir Analiz	Araştırma/ Süpermarket çalışanları
3	Fan ve ark., 2024.	İnşaat 3D duruş tahmin veri seti ve derin öğrenme tabanlı ergonomik risk değerlendirmesi	Araştırma/İnşaat faaliyetleri
4	González-Alonso ve ark.,2023.	Otomotiv Endüstrisinde Uygun Maliyetli ve Uygulanabilir Ergonomi Değerlendirmesi İçin Uçtan Uca Donanım ve Yazılım Hattı Geliştirilmesi	Araştırma/Otomotiv sektörü
5	Saptiri ve ark.,2023.	Bir Petrol ve Gaz Hizmet Şirketinde Manuelden Yarı-Otomatik Malzeme Taşıma Sistemine Dönüşüm Üzerine Bir Fizibilite Çalışması	Araştırma/Petrol ve gaz şirketlerinde taşıma işleri
6	Senjaya ve ark.,2023.	Çok sınıflı dengesiz veriler için ergonomik risk seviyesi tahmin çerçevesi	Araştırma/Montaj faaliyetleri
7	Dockrell ve ark., 2022.	Çocukların Bilgisayar Postürünü Değerlendirme Yöntemi Olarak Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirmesinin (RULA) Güvenilirliğinin Araştırılması	Araştırma/ Bilgisayar kullanımı
8	Villacís Jara ve ark., 2022.	Montaj Hattı Operatörlerinde Ticari Bir Sensör Uygulamasıyla Gerçek Çalışma Koşullarında RULA Yöntemi Kullanılarak Ergonomik Riskin İncelenmesi	Araştırma/Montaj faaliyetleri
9	Villalobos, A., & Mac Cawley A., 2022.	Mezbahane Çalışanlarının RULA Skorlarının ve Bıçak Keskinliğinin Düşük Maliyetli Atalet Ölçüm Sensör Birimleri ve Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Tahmini	Araştırma/ Et işleme
10	Boriboonsuksri ve ark., 2022.	Mango Hasadı Yapan Çiftçilerde İşle İlgili Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarının Önceliklendirilmesi için Ergonomik Görev Analizi	Araştırma/ Tarımsal faaliyetler
11	Vijayakumar, R. ve Choi, J., 2022.	Ergonomik Risk Değerlendirmesinde Ortaya Çıkan Eğilimler İnşaat Güvenliği Yönetimi: Bilimselometrik Bir Görselleştirme Analizi.	Derleme/ İnşaat sektörü

**Çizelge 1.1: (Devamı) RULA Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
12	Manghisi ve ark., 2022.	Kinect v2 Sensörü Kullanarak Gerçek Zamanlı RULA Değerlendirmesi	Araştırma/Yönteme yazılım geliştirme
13	Colim ve ark., 2021.	Kas İskelet Sistemi Risk Değerlendirmesinin Dijitalleştirilmesi Robotik Destekli Montaj İş İstasyonu.	Araştırma/Montaj işleri
14	Nayak, G. K., & Kim, E., 2021.	Bilgisayarla görmeye dayalı tam otomatik bir RULA değerlendirme sisteminin geliştirilmesi.	Araştırma/Bilgisayar programı geliştirme
15	Joshi, M., ve Deshpande, V., 2021.	RULA'da kayıtsız duruş bölgelerinin duyarlılık analizi ile belirlenmesi	Araştırma/Yöntemin SA analizi
16	Kunar ve ark., 2021.	Damper operatörleri ve inşaat işçilerinin postüral analizi- bir vaka çalışması.	Araştırma/İnşaat sektörü
17	Rajendran ve ark., 2021.	Ergonomik Değerlendirme ve Manuel Malzeme Taşıma Sırasında İşçilerin Ergonomik Değerlendirmesi	Araştırma/Elle yük taşıma
18	Wang ve ark., 2015.	İnşaat Sektöründe İşe Bağlı Kas İskelet Sistemi Hastalıklarının Risk Değerlendirmesi: Son Durum Değerlendirmesi	Tartışma/İnşaat sektörü

### 1.3.2. REBA yönteminin literatür araştırması

Adams ve Nino (2024), sağlık hizmetlerinde yaygın olan psikososyal faktörlerin (alarm sesleri, dikkat dağıtıcı unsurlar ve zaman kısıtlamaları) çalışanların zihinsel iş yükü algısı ve vücut duruşlarına olan etkilerini incelemişlerdir. Çoğunluğu üniversite öğrencilerinden olan 32 gönüllünün katıldığı araştırmada katılımcılar, oturarak ve ayakta gerçekleştirdikleri iki fiziksel görevi dört farklı koşul altında (temel, dikkat dağıtıcı, zaman kısıtlamalı ve alarmlar) yerine getirmişlerdir. Değerlendirme ise zihinsel iş yükü NASA-Task Load Index (NASA-TLX) ile, vücut duruşları ise REBA ve RULA skorları ile değerlendirilmiştir. Psikososyal faktörlerin (zaman, alarmlar ve dikkat dağıtıcı unsurlar) etkisi, NASA-TLX ve REBA/RULA skorlarında belirgin farklılıklar yaratmıştır. Çalışma, psikososyal faktörlerin sağlık hizmetleri çalışanlarının davranışları, sağlığı ve hasta güvenliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Alarmlar, dikkat dağıtıcı unsurlar ve zaman kısıtlamaları gibi faktörler, zihinsel iş yükü algısını artırarak kötü vücut duruşlarına neden olduğu savunulmuştur.

Jacquier-Bret ve Gorce (2024) lenfödem tedavisinde kullanılan manuel lenf drenajı ve kısa esnemeli çok katmanlı kompresyon bantlama işlemleri sırasında fizyoterapistlerin maruz kaldığı KİSR'ı hakkında çalışma yapmışlardır. Katılımcı olan 5 fizyoterapistin 8477 postürü video kayıtlarından elde edilen 13 eklem açısına

göre analiz edilmiştir. Postürler, RULA ve REBA yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. RULA skorları 4.51 ile 5.63, REBA skorları ise 5.08 ile 7.12 arasında değişmiştir. Boyun ( $>20^\circ$  fleksiyon), gövde ( $25-30^\circ$  fleksiyon) ve omuz ( $20^\circ$ den fazla fleksiyon ve abduksiyon) en çok etkilenen alanlar olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, fizyoterapistlerin günlük tedavi uygulamaları sırasında karşılaştıkları ergonomik riskleri vurgulamakta ve bu risklerin azaltılması için ergonomik değerlendirme araçlarının önemini ortaya koymaktadır.

Ratushnyi ve Stakhanska (2024), diş hekimlerinin çalışma pozisyonlarının endodontik tedavi sırasında yapılan prosedürel hatalar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Diş hekimlerinin ergonomik pozisyonlarının, KİSR'e yol açabileceğini ve bu durumun tedavi sırasında hata yapma olasılığını artırabileceğini öne sürmüşlerdir. REBA ve RULA kullanılarak 32 diş hekiminin (17 erkek, 15 kadın) ergonomik değerlendirmesini yapmışlardır. REBA ve RULA skorlarının artması, beklenilen aksine, hata oranlarında azalmaya yol açmıştır. Diş hekiminin sağ veya sol el kullanımı ve dişin ağız içindeki pozisyonu, tedavi ergonomisini ve etkinliğini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu çalışma, diş hekimlerinin doğru pozisyon almasının ve ergonomik düzenlemelerin prosedürel hataların azalmasında önemli rol oynadığını göstermektedir. Ergonomik uygulamaların benimsenmesi, diş hekimlerinin sağlık ve tedavi kalitesini artırmak için kritiktir.

Kanan ve ark. (2023), otomobil parça sanayisinde entegre bir ergonomik-çevreci-verimli (ergo-green-lean) modelin uygulanmasının pratik sonuçlarını araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, çeşitli değerlendirme teknikleri kullanılarak belirlenen anahtar performans göstergeleri (KPI'lar) şunlardır: ergonomik risk puanı, iş memnuniyeti, karbon ayak izi (enerji tüketimi ve malzeme israfından kaynaklanan), çevrim süresi, teslim süresi, kalıp kurulum süresi ve reddetme oranı. REBA yöntemi ile ergonomik risk değerlendirmesi yapmışlardır. Ergonomik risk puanı, iş memnuniyeti, enerji tüketimi, malzeme israfı, çevrim süresi, kalıp kurulum süresi, teslim süresi ve ret oranı entegre ergo-yeşil-yalın yaklaşımı için KPI'lar olarak seçilmiştir.

Ormancılık operasyonlarında motorlu testere ile yapılan işler; gürültü, titreşim, ağır yük kaldırma, rahatsız duruşlar ve tekrarlayan hareketler gibi çeşitli risk faktörlerini içerisinde barındırır. Landekić ve ark. (2023), Hırvatistan'da 74 katılımcı postürlerinin analizi için REBA yöntemi kullanmışlardır. Xsens MVN Link hareket

yakalama kıyafeti 28 katılımcı için kullanılmıştır. Betimsel ve çıkarımsal istatistiksel yöntemler kullanılarak veriler analiz edilmiştir. Yerden başlatma yöntemi en güvenli olarak kabul edilmesine rağmen postüral gerilim açısından en riskli yöntem olduğu ve testere işçileri için profesyonel eğitim geliştirme sürecinde en uygun duruş-hareket alışkanlıklarının dahil edilmesi gerektiği sonucuna varışlardır. Bu çalışma, testere başlatma yöntemlerinin işçi sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerini ortaya koymakta ve eğitim programlarına ergonomik duruş alışkanlıklarının entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Omidi ve ark. (2023), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasını kullanarak insan-robot iş birliği sırasında insan duruşunu optimize eden bir yöntem önermişlerdir. Bu yaklaşım, robotun uç efektörüne uygun bir konum atayarak, insanın mevcut duruşu ile optimize edilmiş duruşu arasındaki mesafeyi minimize etmeyi amaçlamıştır. İnsan duruşunu ölçmek için Kinect kamera ile yakalanan vücut ekleme açıları kullanılarak hesaplanan REBA skoru kullanılmıştır. Önerilen yöntemin etkinliğini doğrulamak için sanal gerçeklik ortamında 20 katılımcı ile bir kullanıcı çalışması gerçekleştirilmiştir. PSO algoritması, robot uç efektörünü gerçek zamanlıya yakın optimal konuma yerleştirebilmiştir. Sonuçlarımız, yöntemin ergonomiyi %66 oranında iyileştirebildiğini göstermiştir ve bu da insan-robot iş birliği uygulamaları için potansiyelini ortaya koymaktadır.

Manuel süreçte çalışanlar, tekrarlayan hareketler nedeniyle orta ve yüksek düzeyde ergonomik risklerle karşı karşıya kalırlar. Teixeira ve ark. (2022), otomatik bant ambalaj makinesinin uygulanması ile ambalajlama istasyonunda ergonomik risklerin değerlendirilmesinde Strain Index (SI) ve REBA yöntemleri kullanılarak ergonomik değerlendirmeler yapılmıştır. Otomatik ambalajlama sisteminin uygulanması, ambalajlama sürecinin tamamen otonom hale gelmesini sağlamış ve yüksek hacimli üretim rejiminde etkili bir şekilde çalışmıştır. Çalışanlar, daha az zararlı bir iş rutini ile manuel ambalajlama faaliyetinden otomatik sisteme geçiş yaparak ergonomik koşullarda belirgin bir iyileşme yaşamıştır. Uygulanan otomasyon çözümü, üretim ortamındaki ergonomik riskleri azaltarak çalışanların çalışma koşullarını önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Apron otobüsleri, havaalanı terminal kapılarından uçaklara yolcu ve el bagajı taşıyan yer destek ekipmanlarıdır. Özellikle hareket kısıtlılığı olan yolcular (yaşlılar, hamile kadınlar, bebek taşıyan anneler ve tekerlekli sandalye yardımı gerektiren kişiler),

apronda ayakta durarak seyahat ederken KİSR riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Gumasing ve ark. (2022) çalışmalarında toplam 149 katılımcı yer vererek Corlett ve Bishop vücut rahatsızlık anketleri ile REBA yöntemini kullanmışlardır. Antropometri prensipleri, Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD), Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve maliyet-fayda analizi kullanılarak apron otobüsünün ergonomik tasarımını yapmışlardır. REBA, QFD ve tasarım FMEA ile geliştirilen tasarımın, yolcuların konforunu artıracak ve havayolu operasyonlarını iyileştirmek için etkili bir çözüm sunacağını ifade etmişlerdir.

Hita-Gutiérrez ve ark. (2020), Web of Science—Core Collection kullanılarak toplam 314 makaleye bakmışlar ve bunlardan 91 tanesi seçmişlerdir. Çalışma, REBA yönteminin hangi bilgi alanlarında, ülkelerde, yıllarda ve dergi sektörlerinde en çok kullanıldığını göstermektedir. REBA yöntemi, %24,18 üretim, %21,98 Tarım, Ormanlık ve Balıkçılık ve %19,78 diğer faaliyetler bilgi alanlarında kullanılmıştır. Araştırmacılar REBA yönteminin, zorlayıcı duruşları analiz etmek için geliştirildiğini ve tekrarlayan hareketlerin değerlendirilmesinde kullanışlı olmadığı söylemişlerdir. REBA'nın uygulama alanı başlangıçta insan sağlığı ve sosyal hizmetler alanında olsa da herhangi bir sektörde veya iş alanında uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma, ergonomik değerlendirme yöntemlerinin önemini ve REBA yönteminin farklı sektörlerdeki geniş uygulama alanını vurgulayarak, iş yeri ergonomisi ve işçi sağlığına olan katkılarını ortaya koymaktadır.

Joshi ve Deshpande (2020), REBA yönteminin duyarlılığını araştırmayı ve duyarlı ve duyarsız duruş bölgelerini tanımlamayı amaçlamışlardır. REBA skorunun hesaplanmasında kullanılan vücut ve diğer değişkenlerin göreceli önemini belirlemek için regresyon analizi yapılmıştır. Skor atlamalarının gerekçesi mevcut literatürde bulunmadığından, bu araştırma bir boşluğu doldurduğu belirtilmiştir. REBA'nın bulanık modeli gibi gelişmiş versiyonlarının geliştirilmesini ve diğer ergonomik değerlendirme yöntemlerinin duyarlılık analizlerinin yapılmasını önermektedirler.

Ghasemi ve Mahdavi (2020), KİSR riskini değerlendirmek için kullanılan geleneksel yöntemlerin giriş değişkenlerindeki değişimlere karşı düşük hassasiyetini ele almak amacıyla bu çalışmayı geliştirmişlerdir. Geleneksel yöntemlerin aksine, yeni puanlama sistemi olan FBnREBA, bulanık kümeler ve Bayes ağı (BN) yaklaşımlarını kullanarak bu eksiklikleri gidermeyi amaçlamışlardır. İlk olarak, KİSR'in risk faktörleri bulanık üyelik kümeleri cinsinden tanımlanmıştır. Daha sonra, REBA'ya

dayalı bir BN modeli geliştirilmiştir. 14 farklı duruş FBnREBA kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar orijinal REBA ile karşılaştırılmıştır. FBnREBA, KİSR risk faktörlerindeki değişimlere karşı REBA'dan daha hassas olduğu ve farklı vücut duruşları için aynı risk puanını almanın olası olmadığını ortaya çıkardılar.

Li ve ark. (2020), işyerinde çalışma postürleri yoluyla KİSR potansiyel risklerini belirlemenin pahalı ve zaman alıcı olduğunu savundukları için Konvolüsyonel Poz Makineleri (CPM) temel alınarak geliştirilmiş yenilikçi bir REBA sistemi olan "Quick Capture" sistemi kullanmışlardır. Quick Capture sistemi yalnızca çalışma postürünü doğru bir şekilde analiz etmekle kalmayıp, aynı zamanda KİSR risk seviyesini de doğru bir şekilde belirlediğini söylemişlerdir.

Asadi ve ark. (2019), havacılık bakım, onarım ve revizyon endüstrisinde çalışan işçilerin maruz kaldığı KİSR risk faktörlerini araştırmışlardır. Çalışmada, beş farklı çalışma alanından 235 çalışanın katıldığı subjektif metrikler, duruş değerlendirmeleri ve kaldırma analizleri kullanılmıştır. Çalışmaya katılanlar, ABD'deki büyük bir ticari havayolunun motor bakımı, bileşen bakımı, motor değişimi, kabin bakımı ve lojistik kısmındaki çalışanlardır. Kullanılan değerlendirme araçları arasında Nordic Kas-İskelet Anketi (NMQ), NASA-TLX ve REBA bulunmaktadır. Araştırma, REBA analizleri, gözlemlenen işlerin %57'sinin yüksek risk kategorisinde olduğunu ortaya koymaktadır. İşçilerin yaşadığı duruş bozuklukları ve kas-iskelet semptomları, ergonomik risk faktörleri ve çalışma alanlarının tasarımı üzerine müdahale önerileri sunulmuştur.

Mork ve Choi (2015), kimyasal bir laboratuvarında örnek hazırlama iş görevlerinin ergonomik değerlendirmesini yapmışlardır. Antropometrik ve çevresel veriler REBA ve BodyMap kullanılarak duruşlar değerlendirilmiştir. REBA, her örnek hazırlama görevi için altı alt görevde orta ila yüksek risk puanları göstermiştir. BodyMap anketinde belirtilen rahatsızlıklar, REBA değerlendirmesinde gözlemlenen uygunsuz duruşlarla örtüşmektedir. Katılımcılara sık sık kısa molalar verilmesi, eklem ve kas yorgunluğunu azaltarak KİSR'lerinin önlenmesine ve çalışma alanının ergonomik olarak yeniden tasarlanması ve esneme programlarının uygulanması, gözlemlenen uygunsuz duruşların azaltılmasına yardımcı olabileceğini sonuç olarak belirtmişlerdir.

Domingo ve ark. (2015), Filipinler'deki inşaat işçilerinin karşı karşıya kaldıkları riskleri REBA ve RULA ile analiz etmişlerdir. Araştırmalarında işçileri %30'luk

kısının KİSR yaşadıklarını belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca standartlaştırılmış İskandinav Anketleri kullanmışlardır. İşçilerin yaş, cinsiyet, günlük çalışma saatleri ve inşaat sektöründeki çalışma süreleri gibi demografik bilgileri toplanmış, iş sırasında yaşadıkları ağrıların şiddeti, süresi ve sıklığı değerlendirilmiştir. RULA ve REBA analizleri, incelenen tüm görevlerin işçilerin sağlığı için risk teşkil ettiğini göstermektedir. İşçilerin sağlığını korumak için görevlerin yeniden tasarlanmasını, düzenli olarak doğru araç kullanımı ve çalışma pozisyonları hakkında eğitim verilmesini ve diğer işlerinde KİSR riski açısından analiz edilmesi, işçilerin yaşı, sağlığı ve antropometrik ölçümlerinin etkilerinin incelenmesi ve daha sofistike yöntemlerin kullanılmasını önermişlerdir.

REBA yöntemi kullanılarak yapılan akademik çalışmalar çizelge 1.2’de özetlenmiştir. Literatür çalışmasında inşaat faaliyetlerinde REBA kullanımına rastlansa da doğrudan iskele faaliyetlerinin değerlendirmesinde REBA yönteminin kullanımına rastlanılmamıştır.

**Çizelge 1.2: REBA Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
1	Adams, R., ve Nino, V., 2024.	İşle İlgili Psikososyal Faktörler ve Bunların Zihinsel İş Yükü Algısı ve Beden Duruşları Üzerindeki Etkileri	Araştırma/Sağlık çalışanları
2	Jacquier-Bret, J., & Gorce, P., 2024.	Ergonomik Risk Değerlendirmesi: Fizyoterapistlerde Elle Lenf Drenajı ve Kompresyon Bantlama Sırasında İşle İlgili Kas-İskelet Sistemi Bozuklukları	Araştırma/Sağlık çalışanları
3	Ratushnyi, R. ve Stakhanska, O.,2024.	Ergonomik Müdahaleler ve Endodontik Tedavi Sonuçları: Diş Hekimi Çalışma Pozisyonu ve Hata Oranlarının Analizi	Araştırma/Diş hekimliği
4	Landekić ve ark., 2023.	Testere Başlatma Sırasında Çalışma Duruşu ve Kütle Merkezi Değerlendirmesi: Hırvatistan'daki Ormancılık İşçileri Arasında Bir Durum Çalışması	Araştırma/Ormancılık faaliyetleri
5	Kanan ve ark., 2023.	Entegre Ergo-Green-Lean Çerçevesinin Uygulanması Üzerine Ampirik Bir Çalışma: Bir Vaka Çalışması	Araştırma / Otomotiv sanayi
6	Omidi ve ark., 2023.	İnsan-Robot İş birliği Sırasında Duruş Ergonomisinin Parçacık Sürü Optimizasyonu Kullanarak İyileştirilmesi: Sanal Ortamda Bir Çalışma	Araştırma/Robotik uygulamalar
7	Teixeira ve ark., 2022.	Otomatik Bant Ambalaj Makinesi Uygulamasıyla Ergonomik Risklerin Azaltılmasının Analizi	Araştırma/Ambalaj makinesi
8	Gumasing ve ark., 2022.	Hareket Kısıtlılıkları Olan Yolcular İçin Ergonomik Apron Otobüsü Tasarımı	Araştırma/Otobüs tasarımı
9	Hita-Gutiérrez ve ark.,2020.	REBA Yönteminin Dünya Genelindeki Uygulamaları Üzerine Bir Genel Bakış	Derleme/Yöntemin kullanımı

**Çizelge 1.2: (Devamı) REBA Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
10	Joshi, M. ve Deshpande, V., 2020.	Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA) Üzerine Araştırma ve Duyarlılık Analizi	Araştırma/Yöntemin duyarlılık analizi
11	Ghasemi, F. Ve Mahdavi, N., 2020.	REBA için Bulanık Kümeler ve Bayes Ağları Temelli Yeni Bir Puanlama Sistemi	Araştırma/ Bulanık Kümeler ve Bayes Ağları ile kullanım
12	Li ve ark., 2020.	Postür Tanıma ve Kas-İskelet Bozukluklarının Belirlenmesi için Akıllı Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme Sistemine Dayalı Bir Değerlendirme	Araştırma/Yönteme Quick Capture ekleme
13	Asadi ve ark., 2019.	Havayolu Bakım, Onarım ve Revizyon İşlerinde Kas-İskelet Sistemi Yaralanmaları İçin Risk Faktörleri	Araştırma/Havayolu Bakım Faaliyetleri
14	Mork, M. A., & Choi, S. D., 2015.	Kimyasal Bir Laboratuvarında Örnek Hazırlama İş Görevlerinin Ergonomik Değerlendirmesi	Araştırma/ Kimya Laboratuvarları
15	Domingo ve ark., 2015.	Filipinli İnşaat İşçilerine İlişkin Risk Değerlendirmesi Araştırma/İnşaat sektörü	Araştırma/İnşaat sektörü

### 1.3.3. OWAS yönteminin literatür araştırması

Bačić ve ark. (2024), orman işlerinin ergonomisiyle ilgili son on yılda yayımlanan makaleleri derlemeyi, sınıflandırmayı ve analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, makalelerin mekânsal ve zamansal dağılımı, gözlemlenen operasyonlar, makineler ve aletler ile risk faktörleri açısından değerlendirildiği bir inceleme sunmaktadır. 2014-2023 dönemi referans olarak alınmış ve Web of Science Core Collection veri tabanı kullanılarak 102 makale seçilmiştir. En çok araştırılan risk faktörleri iş yükü (%23), gürültü (%20), titreşim (%20), postürel yük (%16) ve kas-iskelet sistemi bozuklukları (KİSR) (%7) olmuştur. Çalışmada, OWAS kullanılarak kötü duruşların ve bu duruşlarla ilişkili sağlık risklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu derleme, orman ergonomisi alanındaki araştırmaların artan önemini ve bu alandaki bilimsel keşiflerin potansiyelini vurgulamaktadır.

Yang ve ark. (2023), araç üzerine monte edilen radar anteninin bakımı sırasında yapılan baş üstü çalışmaların ergonomik değerlendirmesini yapmak amacıyla dijital insan modelleme kullanmıştır. OWAS ve RULA, çalışma postürleri ve üst ekstremite hareketlerinin riski analiz edilmiştir. Bu çalışma, radar anten bakımının ergonomik değerlendirmesinin etkin ve ekonomik bir şekilde yapılabileceğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, KİSR risklerini azaltmak ve bakım sürecini optimize etmek için önemli bilgiler sunmaktadır. KİSR önlenmesi veya azaltılması için alan deneyleri ve nicel ölçümler (örneğin, yüzey elektromiyografisi ve hareket yakalama) entegre edilmesi, üst kol ve boyun için giyilebilir destekleyici cihazlar kullanılması ve modül

sökme işlemlerinden sonra boyun ve omuz rahatlatma egzersizleri yapılması önerilmiştir.

Gajšek ve ark. (2022), organizasyonlarda ergonomi yöntemleri ve araçlarına dayalı olarak sosyal sürdürülebilirliğin sürekli gelişimini somutlaştırmayı amaçlamışlardır. OWAS ve REBA yöntemlerinin uygulanmasında kalem ve kâğıt yaklaşımı ile yapay zekâ (ErgoIA) kullanan gelişmiş yaklaşım arasında bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Sadece yöntem değil, seçilen teknik de elde edilen sürdürülebilirlik derecesini etkilediğini belirtmişlerdir. Şirketler OWAS ve REBA'dan elde ettikleri değerlendirme sonuçlarını, işyeri sürdürülebilirlik çerçevesindeki iyileştirme önerileri ve göstergeler aracılığıyla işyerindeki sosyal sürdürülebilirlikle ilişkilendirmelidir. OWAS ve REBA'nın kullanımı, işyeri sürdürülebilirlik çerçevesini oluşturan beş faktörden biri olan çevresel kaygıların ele alınması için uygun değildir sonucuna varmışlardır.

Umeda ve ark. (2022), Japonya'daki pirinç üretiminde insansız hava araçlarının (İHA) kullanımını inceleyen bir çalışmayı yapmışlardır. İHA kullanırken çalışma pozisyonları ve fiziksel aktivite seviyesi değerlendirilmiştir. OWAS analizine göre, İHA kullanımı sırasında işlerin %63,86'sı düşük kas iskelet yaralanma riski taşıyan işler olarak sınıflandırılmıştır.

Palikhe ve ark. (2022), alüminyum kalıp işçilerinin ergonomik risklerini ve KİSR değerlendirdiler. Üç test durumu (alüminyum panel kaldırma, çekme ve montaj) incelenmiştir. Her durumda işçilerin zorlu duruşları simülasyon yoluyla değerlendirilmiştir. OWAS analizi, işçilerin duruşlarının büyük çoğunluğunun düşük risk taşıdığını göstermiştir. Kalıp işçileri tarafından taşıma ve kurulum prosedürleri boyunca kullanılan yarı otomatik ve tamamen otomatik aletleri simüle etmek ve ölçmek için genişletilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Joshi ve Deshpande (2022), OWAS duyarlılık analizi, sıralı regresyon analiziyle birlikte, duruşu değerlendirme metodolojisine ilişkin daha derin içgörüler sunduğu ifade etmişlerdir. Duyarlılığı değerlendirmek için, vücut bölümünün bir parametresi değiştirilirken diğer parametreler, çıktı puanı üzerindeki etkisini anlamak için değiştirilmeden bıraktılar. Tüm olası vücut üyesi kombinasyonlarını hesaba katmak için tam faktöriyel tasarım kullandılar. En büyük etkiye sahip vücut değişkenini ve OWAS eylem kategorisini tahmin etmedeki ağırlığını belirlemek için sıralı regresyon analizi yaptılar

Lins ve Hein (2022), endüstriyel ve hizmet sektörlerindeki çalışanların kas-iskelet sistemi sağlığını olumsuz etkileyebilecek fiziksel olarak yoğun çalışma duruşlarını analiz etmiştir. Akıllı iş kıyafetleri kullanılarak çalışanların duruşları belirlenmiş ve bu duruşların değerlendirilmesi için yazılım tabanlı bir duruş sınıflandırıcı oluşturulmuştur. OWAS'a göre duruş sınıflandırıcısı oluşturmak için evrimsel bir eğitim algoritması kullanarak 20 denek üzerinde her biri 15 ataletsel sensörle donatılmış prototip akıllı iş kıyafetleri kullanılarak referans vücut duruşları kaydedildi. Sonuç olarak akıllı iş kıyafetlerinin, çalışanların iş yerinde kas-iskelet sistemi bozuklukları riskini değerlendirmek için yararlı bir araç olabileceğini göstermiştir.

OWAS, işçilerin çeşitli çalışma duruşlarını analiz etmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve iş ortamlarında uygulanabilirliği ve basitliği ile bilinir. Calzavara ve ark. (2018), farklı depolama raf düzenlerinin ergonomik performansını değerlendirmek için OWAS indeksini kullanmışlardır. Çalışma sırasında gözlemlenen faaliyetlerin çoğunun düşük risk sınıfında olduğu ve hiçbirinin kritik seviyeyi aşmadığı tespit edilmiştir. Özellikle, yer seviyesindeki paletlerden toplama işlemi sırasında gövdenin bükülmesi gibi zorlayıcı duruşların kısa süreli olması nedeniyle genel OWAS indeksinin düşük olduğu belirtilmiştir.

Engels ve ark. (2017), Hollandalı hemşirelerin ortopedik ve üroloji servislerindeki çalışma duruşlarını OWAS kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma, hemşirelerin çeşitli faaliyetleri sırasında hangi duruşları sergilediklerini ve bu duruşların kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerini incelemektedir. İnceleme ortopedik serviste 18 ve üroloji serviste ise 22 hemşire üzerinde gerçekleştirilmiştir. OWAS yöntemi kullanılarak, hemşirelerin duruşları ve bu duruşlarla ilişkili faaliyetler gözlemlenmiştir. Veriler, bir bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir. Hemşirelerin iş yükü sırasında sergiledikleri duruşların kas-iskelet sistemi üzerindeki yükünü belirlemek için OWAS yönteminin uygun olduğunu göstermiştir. Hemşirelerin kötü duruşlar sergilediği sadece hasta kaldırma faaliyetleri değil, aynı zamanda idari işler gibi diğer faaliyetlerin de önemli olduğu vurgulanmıştır. Bu durum, yalnızca hasta kaldırma üzerine odaklanmanın hemşirelerin toplam iş yükünü doğru bir şekilde yansıtmayacağı anlamına gelmektedir.

Brandl ve ark. (2017), yarı römork montajında çalışan işçilerin çalışma duruşlarını OWAS kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, 20-61 yaş aralığında 63 erkek işçi

üzerinde bireysel örnekleme stratejisi uygulayarak bu işçilerin postür yüklerini değerlendirmişlerdir. İşçiler iş görevlerini gerçekleştirirken video kaydı yapılmıştır. Gözlemler, eğitimli bir gözlemci tarafından retrospektif olarak analiz edilmiştir. Dokuz farklı iş görevi seçilerek bu görevler sırasında işçilerin duruşları gözlemlenmiştir. Her iş görevine yedi işçi atanmıştır. OWAS yöntemi kullanılarak, sabit gözlem aralıklarıyla çalışma duruşları sürekli olarak örneklendirilmiştir. Çalışma sırasında 20601 duruş gözlemlenmiş ve analiz edilmiştir. OWAS tarafından tanımlanan 72 farklı çalışma duruşu belirlenmiştir. Yarı römork montajında diz çökme, yatma veya çömelme gibi çalışma duruşları ergonomik işyeri tasarımı ile neredeyse tamamen önlenemez olduğunu belirtmişlerdir.

Lu ve ark. (2015), Tayvan'daki bir TFT-LCD üretim şirketindeki operatörlerin işe bağlı KİSR risklerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. OWAS ve NIOSH kaldırma denklemi kullanılarak 50 çalışanın işleri analiz edilmiştir. Ergonomik analizler, yetersiz çalışma yüksekliği, sınırlı çalışma alanı, zorlayıcı duruşlar, aşırı yük ve yüksek tekrar oranlarının başlıca risk faktörleri olduğunu ortaya koymuştur. İş istasyonlarının ergonomik olarak yeniden tasarlanması ve malzeme taşıma arabalarının optimize edilmesi önerilmiştir. Manuel malzeme taşıma konusunda proaktif eğitimlerin verilmesi ve güvenlik aralıklarının sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Lee ve Han (2015), üç inşaat işçisinin kütük kabin temellerinin inşası sırasında sekiz temel iş videoya kaydedilmiş ve laboratuvarında OWAS yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışma, Tayvan'daki bir kütük kabin inşaat alanında gerçekleştirilmiştir. Makine gücü gerektiren işler göz ardı edilerek, insan gücü gerektiren sekiz iş seçilmiştir. Her iş için 10-15 dakika süresince gözlem yapılmıştır. İnşaat işçileri çeşitli fiziksel faktörlere maruz kalmaktadır ve bu çalışma, kütük kabin temellerini inşa eden işçilerin çalışma duruşlarını analiz ederek kas-iskelet sistemi yaralanmaları riskini değerlendirmiştir. Tespit edilen başlıca sorunlu işler, çelik çubuklarla kiriş bağlama, kolon şablonlarını monte etme ve zemini betonla doldurma işlemleri olmuştur. Eğilmiş ve bükülmüş gövde duruşunun inşaat işçileri için en kritik duruş olduğu belirlenmiştir. İşçilerin duruşlarına dikkat etmeleri, gövdeyi bükmekten kaçınmaları, iş sırasında yeterli dinlenme süresi almaları ve her bir kötü duruşta geçirilen zamanı azaltmaları önerilmiştir.

Barros ve ark. (2015), Brezilya'da bulunan bir elektronik ekipman şirketinde trafik ışıkları üretim hattında montaj ve bakım işlerinin ergonomik değerlendirmesini yapmışlardır. Ergonomik değerlendirmeyi desteklemek için video kayıtları ve fotoğraflar kullanılmıştır. Çalışma tezgahlarının boyutlarının işçilerin fiziksel ölçüleriyle uyumsuz olduğu belirlenmiştir. Üç montaj aşaması (odak modüllerinin kolajı, sinyal yığınının montajı, sinyal yığınının paketlenmesi) OWAS aracıyla analiz edilmiştir. Sonuçlar, bazı aktivitelerin yakın gelecekte düzeltilmesi gerektiğini, bazılarının ise hemen düzeltilmesi gerektiğini göstermiştir. Çalışma alanının aydınlatılması ve doğal havalandırma sistemlerinin etkinliği üzerine çalışmalar yapılması tavsiye edilmiştir. Uygun çalışma mobilyalarının kullanılması, iş sırasında verilen araların düzenlenmesi ve işyeri egzersiz programlarının uygulanması önerilmiştir. Yük taşıma sırasında yüksekliği ayarlanabilir arabaların kullanılması ve yüklerin düzgün kaldırılması gerektiği belirtilmiştir.

OWAS yöntemi kullanılarak yapılan akademik çalışmalar Çizelge 1.3'de özetlenmiştir. Literatür çalışmasında inşaat faaliyetlerinde OWAS kullanımına rastlanılsa da doğrudan iskele faaliyetlerinin değerlendirmesinde OWAS yönteminin kullanımına rastlanılmamıştır.

**Çizelge 1.3: OWAS Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
1	Bačić ve ark., 2024.	Son On Yılda Ormancılık Ergonomisi Yayınları: Bir İnceleme	Derleme/Orman işleri
2	Yang ve ark.,2023.	Araç Üzerine Monte Edilen Radar Anteninin Üzerinde Yapılan Bakımın Dijital İnsan Modelleme Kullanılarak Ergonomi Değerlendirmesi	Araştırma/Bakım faaliyetleri
3	Umeda ve ark., 2022.	Tarımsal Drone Püskürtücüsünün Maliyet ve İş Yükü Değerlendirmesi: Japonya'da Pirinç Üretimi Üzerine Bir Vaka Çalışması	Araştırma/Tarım sektörü
4	Gajšek ve ark.,2022.	Ergonomi Yöntemlerinin Kullanımını İş Yeri Sosyal Sürdürülebilirliğine Bağlama: Ovako Çalışma Duruşu Değerlendirme Sistemi ve Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme Yöntemi	Araştırma/Yöntemin Sürdürülebilirlik analizi
5	Palikhe ve ark.,2022.	Ergonomik Risk Değerlendirmesi: İş İstasyonlarında Alüminyum Kalıp İşçilerinin Kas-İskelet Sistemi Bozuklukları	Araştırma/Alüminyum Kalıp İşleri
6	Joshi, M. ve Deshpande, V., 2022.	Ovako çalışma duruşu analiz sistemi (OWAS) üzerine bir duyarlılık araştırması	Araştırma/Yöntemin hassasiyetinin incelenmesi
7	Lins, C., & Hein, A., 2022.	Akıllı iş kıyafetleri kullanılarak vücut duruşlarının sınıflandırılması	Araştırma/Akıllı kıyafetler
8	Calzavara ve ark., 2018.	Manuel Sipariş Toplama Depoları İçin Maliyet, İş Yükü ve Duruşu Dikkate Alan Entegre Bir Depolama Atama Yöntemi	Araştırma/Depolama Faaliyetleri

**Çizelge 1.3: (Devamı) OWAS Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
9	Brandl ve ark., 2017.	Yarı römork montajında OWAS kullanılarak çalışma duruşlarının ergonomik analizi, bireysel örnekleme stratejisi uygulanması.	Araştırma/Montaj faaliyetleri
10	Engels ve ark., 2017.	Hemşirelerin çalışma duruşlarına ilişkin OWAS tabanlı bir analiz	Araştırma/Sağlık sektörü
11	Lee, T.-H. ve Han, C.-S., 2015.	Bir İnşaat Sahasındaki Çalışma Duruşlarının OWAS Yöntemi Kullanılarak Analizi	Araştırma/İnşaat sektörü
12	Barros ve ark., 2015.	Bir Elektronik Ekipman Şirketinde Montaj ve Bakım İşinin Ergonomik Analizi	Araştırma/Montaj ve Bakım işleri
13	Lu ve ark., 2015.	TFT-LCD üretim operatörleri arasında işle ilgili kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının risk değerlendirmesi	Araştırma/TV üretim faaliyetleri

#### **1.3.4. RULA, REBA ve OWAS yöntemlerin birlikte kullanıldığı çalışmaların literatür taraması**

Blandino, G. (2023), akıllı ve zeki üretim sistemlerinde iş stresi ölçüm yöntemlerini sistematik olarak incelemektedir. OWAS, REBA ve RULA gibi göstergeler kullanılarak işçilerin çalışma postürleri analiz edilmiştir. OWAS, ana vücut bölümlerinin (sırt, bacaklar, kollar) pozisyonlarını ve taşınan ağırlıkları analiz ederek risk seviyesini belirler. REBA, üst ve alt ekstremiteler, gövde ve bilekler dahil olmak üzere vücut pozisyonlarını değerlendirir. RULA, üst vücut için postüral risk ve kas-iskelet sistemi problemlerini değerlendirir. Bu derleme, akıllı ve zeki üretim sistemlerinde iş stresi değerlendirmesi için kullanılan çeşitli ölçüm yöntemlerini ve bu yöntemleri etkileyen faktörleri kapsamlı bir şekilde özetlemektedir.

Celso Coelho ve ark. (2023), ergonomik analizde kullanılan başlıca araçların ve bu araçların özelliklerinin kapsamlı bir literatür incelemesini yapmışlardır. Makalelerinin temel amacı, iş yerinde kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını önlemeye yardımcı olacak ergonomik analiz araçlarını tanıtmak ve bu araçların özellikleri ve uygulanabilirlikleri hakkında bilgi vermektir. REBA, RULA ve OWAS ile birlikte birçok risk değerlendirme yöntemlerini ele almışlardır. İş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için ergonomik analizlerin sürekli yapılması gerekliliği, ergonomik uygulamaların ve analiz araçlarının sürekli güncellenmesi ve iş yeri koşullarına adapte edilmesi önemli olduğu ve iş yerindeki KİSR önlenmesi, işverenler, çalışanlar ve ergonomi uzmanları tarafından paylaşılması gereken bir sorumluluk olduğu sonucuna varmışlardır.

Jin-Sung ve ark. (2023), dijital ikiz teknolojilerinin iş güvenliği ve sağlığına nasıl entegre edilebileceğini incelemişlerdir. Dijital ikizler, işçilerin hareketlerini ve

postürlerini gerçek zamanlı olarak izleyebilir ve bu verileri kullanarak RULA, REBA ve OWAS gibi ergonomik değerlendirme yöntemlerini daha etkili bir şekilde uygulayabileceğini belirtmişlerdir. Dijital ikiz uygulamaları, işçilerin postür ve hareket verilerini toplamak için çeşitli sensörler ve giyilebilir cihazlar kullanır. Bu veriler, işçilerin ergonomik risklerini değerlendirmek ve işyerinde güvenliği artırmak için kullanılır. İşçilerin dijital ikizleri, gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve görselleştirilebilir. Bu, işçilerin postürlerini ve hareketlerini değerlendirmek için kullanılır ve ergonomik risklerin tespit edilmesine yardımcı olur. Dijital ikizler, işçilerin hareketlerini ve postürlerini analiz ederek gerçek zamanlı geri bildirim sağlar. Bu geri bildirim, işçilerin ergonomik risklerini azaltmak ve iş güvenliğini artırmak için kullanılır.

Kee (2022) yaptığı derleme çalışmasında RULA, REBA ve OWAS yöntemlerini KİSR değerlendirilmesinde kullanımlarını çeşitli faktörlere göre karşılaştırmıştır. Çalışmaya göre OWAS yöntemi, 34 makale ile imalat sanayinde, 22 makale ile sağlık ve sosyal yardım faaliyetlerinde ve 19 makale ile bilgi ve iletişim işlerinde kullanılmıştır. RULA yöntemi, 74 makale ile en çok imalat sanayinde, 38 makale ile insan sağlığı ve sosyal aktivitelerde ve 18 makale ile tarım, ormancılık ve balıkçılık faaliyetlerinde kullanılmıştır. REBA yöntemi, 22 makale ile en çok imalat sanayisinde, 20 makale ile tarım, ormancılık ve balıkçılık faaliyetlerinde ve 15 makale ile sosyal faaliyetlerde uygulanmıştır. OWAS, %57,07 ile en yüksek değerlendiriciler arasında güvenilirliğine sahipken, RULA %58,25 ve REBA %50,14 oranında güvenilirlik göstermiştir. OWAS, güvenilirlik açısından en yüksek skora sahipken, RULA daha fazla sayıda çalışma tarafından tercih edilmiştir.

Kadın çiftçiler arasında, özellikle alt sırt, omuzlar ve dizleri etkileyen KİSR'nin yüksek bir yaygınlığı vardır. Çeltik dikimi, yabancı ot temizleme ve hasat gibi görevler sırasında uzun çalışma saatleri ve rahatsız duruşlar, bu bozukluklara önemli ölçüde katkıda bulunur. Manuel çeltik dikimi ve yabancı ot temizleme gibi tekrarlayan eğilme ve çömelmeyi içeren görevler önemli postüral strese yol açar. Singh, D. ve Fareq, R. U. (2024), kadın çiftçilerin tarımsal faaliyetlerde, özellikle çeltik üretiminde, karşılaştıkları ergonomik zorlukları RULA, REBA ve OWAS yöntemleri ile incelemişlerdir. Çalışmaları, tarımsal uygulamalarda ergonomik değerlendirmeler ve müdahalelerin gerekliliğini vurgulayarak kadın çiftçilerin sağlığı ve üretkenliğini artırmayı amaçlamaktadır. Ergonomik koşulların iyileştirilmesi, KİSR önemli ölçüde

azaltabilir ve tarımda yer alan kadın çiftçilerin genel refahını artırabileceğini belirmişlerdir.

Her üç yöntem kullanılarak yapılan akademik çalışmalar Çizelge 1.4'te özetlenmiştir. RULA, REBA ve OWAS yöntemlerinin beraber kullanıldığı çalışmalar olarak derleme makalelerden oluşmaktadır.

**Çizelge 1.4: RULA, REBA ve OWAS Literatür Taraması**

No	Çalışma	Çalışmanın adı	Çalışma türü/Alanı
1	Singh, D. ve Fareq, R. U., 2024.	Çeltik Üretim Sisteminde Kadın Çiftçilerin Zorlayıcı İşlerinin Ergonomik Değerlendirmesi	Araştırma/Tarım faaliyetleri
2	Blandino, G., 2023.	Akıllı ve Zeki Üretim Sistemlerinde Stresi Nasıl Ölçeriz: Sistematik Bir İnceleme	Derleme/Stres ölçümleri
3	Celso Coelho dos R. ve ark., 2023.	Ergonomik Analiz: Ana Araçlar ve Temel Özelliklerine Güncel Bir Literatür İncelemesi	Derleme/Yöntemlerin Karşılaştırılması
4	Park, J.-S. ve ark.,2023.	İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği İçin İnsan Odaklı Dijital İkiz Uygulamaları: Kısa Bir Araştırma ve Araştırma Yönleri	Araştırma/Dijital ikiz sistemi ve yöntemler
5	Kee D., 2022.	OWAS, RULA ve REBA'nın Literatür Taramasına Dayalı Sistemik Karşılaştırması	Derleme/Yöntemlerin Karşılaştırılması

## 2. İSKELELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

İskeleler, inşaat, gemi yapımı ve bakım-onarım gibi çeşitli sektörlerde kullanılan geçici yapılar olup, işçilerin çalıştıkları yüksek yerlerde güvenli bir şekilde çalışmalarını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. İskeleler, kullanım amacına ve yapısal özelliklerine göre farklı türlere ayrılmaktadır. İskelelerin kurulumu ve kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği usullerine uygun olarak yapılmalıdır. İskelelerin güvenli kullanımı, iş kazalarını önlemede hayati öneme sahiptir. İskele kurulumunda yapılan hatalar, malzeme yetersizlikleri ve bakım eksiklikleri, ciddi kazalara yol açabilir.

Tarihsel süreç içerisinde iskelelerin kullanımı inşaat sektörünün en temel ve vazgeçilmez unsurlarından birisi olarak varlığını sürdürmüştür. MÖ 26. yüzyılda inşa edilen Büyük Gize Piramidinin inşası sırasında eski Mısır'da devasa taşları halatlar yardımıyla kaldırmak için ahşap iskelelerin kullanıldığı Herodot tarafından belirtilmiştir. Mısırlıların basit düğümlerle birbirine bağlanan kalaslar ve ahşap direklerden oluşan iskeleler kullandıklarına inanılıyordu. Eski Mısır'da ahşap kıt bir kaynak olduğundan, iskeleler genellikle yalnızca tapınak ve heykel yapımında kullanılıyordu. Ahşap iskelelerin ilk olarak Mısırlılar tarafından kullanıldığına inanılırken, modern iskelenin ilk kullanımı, bambuların bir ip kullanılarak birbirine bağlandığı ve günümüz iskelelerine benzer yapılar oluşturduğu eski Çin'de olabilir. Aslında, bazı Asya ülkeleri halen bambu iskeleler kullanmaya devam etmektedirler (Webb, B., 2024).

Orta Çağ'a doğru ilerledikçe, özellikle mimari tekniklerin gelişmesiyle birlikte iskele inşaatın ayrılmaz bir parçası haline geldi. Hem işçileri hem de inşaat malzemelerini destekleyebilecek ahşap yapılar geliştirildi ve basit evlerden karmaşık katedrallere kadar her şeyin inşasına olanak sağlandı. Halk arasında "iskele keşişleri" olarak bilinen özel eğitilmiş keşişler, 20. yüzyıla kadar manastır ve kilise inşa etmek için iskeleleri kullanıyorlardı. İskeleleri halatlar ve çapraz parçalarla birbirine bağlanan güçlü kare ahşaplardan oluşuyordu (Bentley, S. ve ark., 2019).

Sanayi devrimi ile birlikte yeni malzeme ve inşaat teknikleri gelişmeye başlamıştır. Ahşap yapıların sıklıkla kendi ağırlıkları altında çökeceği göz önüne alındığında, çelik borular kullanılmaya başlandı. Demir çelik sektörünün gelişmesi ve 48 mm çaplı iskele boruları ile birleştirme kelepçelerinin patentlerinin alınması ile modern iskele kullanımına başlanılmıştır (Kumar, S., 2019).

## 2.1. İskele Tanımları

Bina inşaatları, bakım ve onarım faaliyetleri ile yıkım çalışmaları sırasında çalışanlara güvenli bir çalışma platformu oluşturmak için kullanılan statik ve dinamik hesaplamaların yapılmış olduğu geçici yapılara iskele denir (Şekil 2.1). Cephe iskelesi, seyyar iskele ve asma iskeleler en yaygın kullanılan modelleri olsa da çok fazla türü mevcuttur (İSGGM, 2024).



**Şekil 2.1: İskele Türleri (1a-Hareketli İskele 1b-Asma İskele 1c-Cephe İskele)**

**Kaynak:** İSGGM (2024), Cephe iskelelerinde İSG.

İskele, yerden birkaç metreden başlayarak farklı yüksekliklerde çalışmayı sağlayan geçici bir yapı elemanıdır. İskeleler, yeni binaların inşası, mevcut binaların tamirata ve modernizasyonu sırasında kullanılır. İskelelerin temel özellikleri arasında ölçüler, yükseklik, açıklık genişliği ve uzunluğu, çalışma platformunun maksimum yükü, son çalışma platformunun maksimum yüksekliği, temeller, zeminin taşıma kapasitesi,

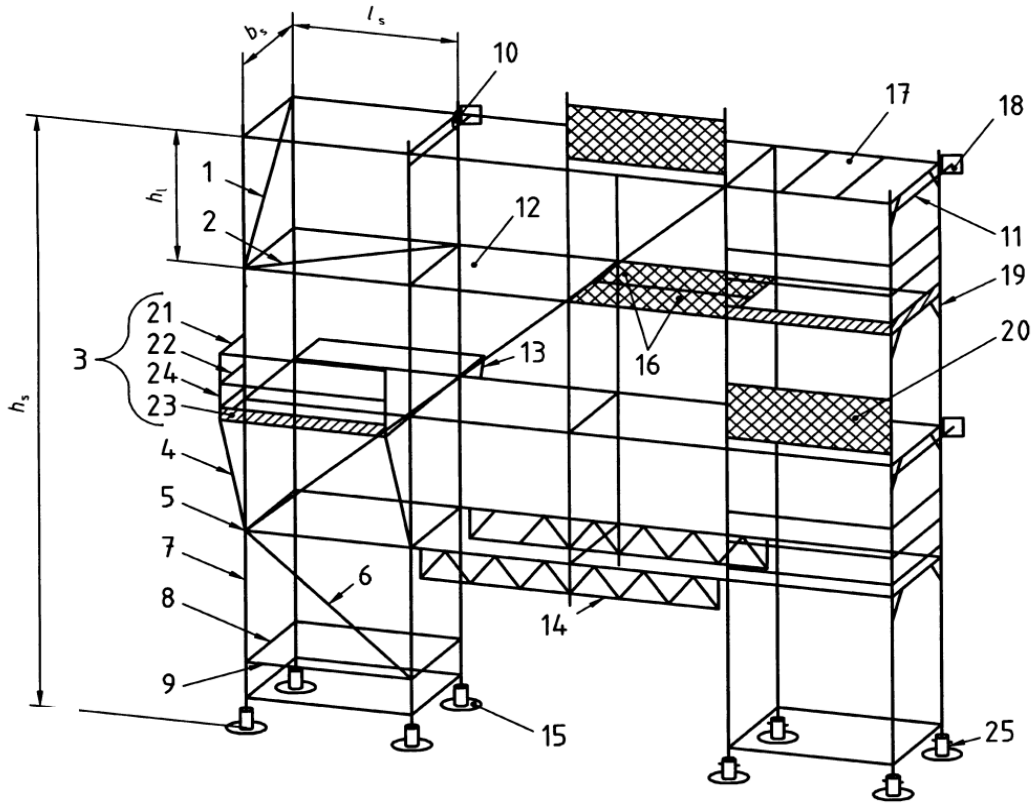
desteğin taşıma kapasitesi ve ayrıca ankraj yöntemi bulunur (Sawicki & Szóstak, 2020).

İskele, inşaat işlerinde çalışanların yüksekte güvenli bir şekilde çalışabilmeleri için kullanılan geçici bir yapı olarak tanımlanır. Çalışma platformları, destek yapıları ve güvenlik elemanlarından oluşur ve özellikle güvenlik bariyerlerinin eksikliği gibi teknik eksiklikler nedeniyle kazalara neden olabilir (Olanrewaju & Idrus, 2020).

İskele, yapı işlerinde yüksekte çalışma sırasında önemli bir tehlike oluşturan geçici bir yapıdır. Bu yapı, çalışma platformları, korkuluklar ve destek yapıları gibi bileşenlerden oluşur. İskeleler, güvenlik bariyerlerinin eksikliği, hatalı elemanların kullanımı ve iskele yapısının keyfi olarak değiştirilmesi gibi nedenlerle kazalara sebebiyet verebilir (Hoła ve ark., 2018).

## 2.2. İskele Terminolojisi

İnşaat faaliyetlerinde güvenli erişim ve çalışma ortamı sağlamak amacıyla iş iskeleleri yaygın olarak kullanılmaktadır. İskele parçalarının genel gösterimi TS EN 12811-1'e göre şekil 2.2'de verildiği gibidir (TS EN 12811-1, 2015).



Şekil 2.2: İskele Parçalarının Genel Görünümü

Kaynak: TS EN 12811-1 (2015) İskele bilgileri

Enine çapraz düşey düzlemdeki takviyeler 1	Payandalar 13
Yataydaki takviyeler 2	Kafes girişleri 14
Yan korumalar 3	Taban plakaları 15
Konsol payandaları 4	Platform birimleri 16
Düğüm kısımları 5	Yatay çerçeve 17
Boyuna çapraz düşey düzlemdeki takviyeler 6	Ankrajlar 18
İskele dikmeleri 7	Düşey çerçeveler 19
Enine ara bağlantı elemanları 8	Izgara korkuluk 20
Boyuna ara bağlantı elemanları 9	Ana korkuluk 21
Birleştirme elemanları 10	Ara korkuluk 22
Bağ elemanları 11	Topuk tahtası 23
Çalışma platformu 12	Düşey korkuluk 24
	Düşeyliği ayarlanabilen taban plâkası 25

### Şekil 2.2: (Devamı) İskele Parçalarının Genel Görünümü

İskele yüksekliği  $h_s$ , İskele çıkma genişliği  $b_s$ , Çıkma uzunluğu  $l_s$  ve kat yükseklikleri  $h_l$  ile gösterilmiştir.

## 2.3. İskele Parçaları

### 2.3.1. Taban plakası



Şekil 2.3: Taban Plakası Türleri

**Kaynak:** TS EN 74 -1 (2008), Taban plakası.

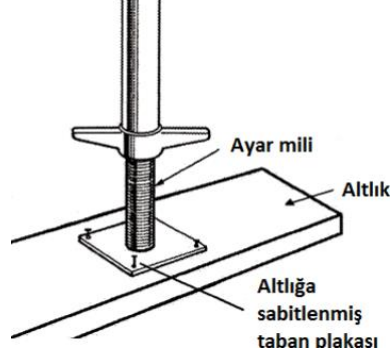
Dikmelerin yere basan alt uç kısımlarına binen yükün daha geniş bir alana yayılmasını sağlamak amacıyla kullanılan plâkaya denir (şekil 2.3). Düşeyliği ayarlanabilen taban plakası (alt ayar milleri) ise yüksekliğin ayarlanabildiği taban plakası çeşididir. En az genişliği 120 mm ve plaka alanı en az 150 cm olmalıdır. Plakalar iskelede kullanılan dikmelerden gelen yüklerin daha geniş bir alana yayılımını sağlarlar. Ayarlanabilen plakalar iskeleden zemine yükü iletirken rijit yapısını bozmaması gerekir.

Düşeyliği ayarlanabilir taban plakalarında bunu yapabilmek için merkezi yerleştirilmiş bir ayar mili bulunur. EN 74 standardı normlarına göre çelik taban plakalar kullanılabilir (TS EN 74 -1, 2008).

Taban plakaları ile ayarlı ayak milleri tüm yüzeyleriyle zemine oturmalı ve kaynama tehlikesine karşı güvenlik tedbirleri alınmış olmalıdır.

### 2.3.2. Altlık (yastık)

Atlıklar iskeledeki yükün dağılmasını sağlarken aynı zamanda kaymasını ve zemine batmasını önlemek amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



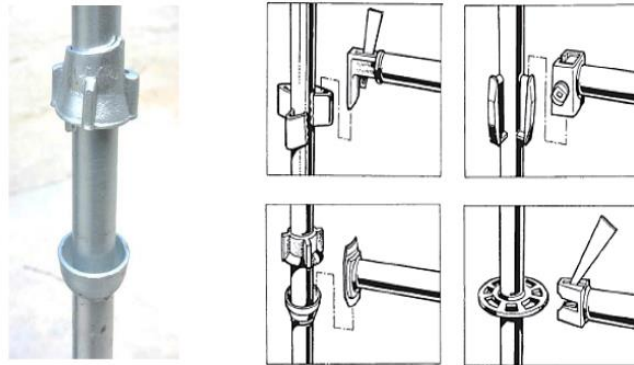
**Şekil 2.4: İskele Altlığı**

**Kaynak:** TS EN 74 -1 (2008), Yastık.

### 2.3.3. Dikme

Üstlerinde flanşlar, fincanlar veya kamalı geçişi sağlayan bağlantı noktaları bulunmaktadır. Yükleri dağıtan ve yük taşıyıcı yatay elemanlar ile korkuluklar bunlara bağlanır. Ayrıca, iskele üzerindeki tüm yüklerin zemine aktarılmasını sağlayan ana unsurdur (Şekil 2.5). Dış çapı 48,3 mm, akma gerilmesi en az 235 N/mm<sup>2</sup> ve et kalınlığı en az 3 mm olmalıdır. Korozyona uğramaması için sıcak daldırma galvaniz prosesinden geçmesi gerekmektedir (TS EN 12810-1, 2005).

TS EN 12811, TS EN 12810 ve diğer ilgili standartlarda belirtilen anma et kalınlıkları, anma dış çapı, en küçük akma gerilmeleri gibi özelliklerde Çelik veya alüminyum alaşımlardan yapılmış dikmeler kullanılabilir.



**Şekil 2.5: Dikme Örnekleri**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), Dikme.

### 2.3.4. Çalışma platformu

Çalışanlar tarafından bir çalışma ortamı olarak kullanılan, üzerindeki yükleri taşıyan ve bir veya daha fazla platform biriminden oluşan ön yapımlı veya başka bir şekilde imal edilen alan, çalışma alanıdır (Şekil 2.6). En az 2,5 mm kalınlıklara sahip olsalar da bu kalınlık mukavemeti artırılmış kesitler ile azaltılabilir. Çalışma platformları arasında boşluklar 25 mm'yi geçmemelidir. Platformların istemsiz hareketleri engellenebilmelidir.



Şekil 2.6: Çalışma Platformları

Kaynak: TS EN 12810-1 (2005), Çalışma platformu.

### 2.3.5. Ara yan koruma ve ana korkuluk

Çalışanın düşmesini engelleyen yatay iskele elemanıdır. Çalışma platformundan en az 1 metre yükseklikte ve en üst yüzeyi her yerde bitişiktir. Ana korkuluk ve topuk levhası (süpürgelik) arasına ise ara yan koruma monte edilir (Şekil 2.7).

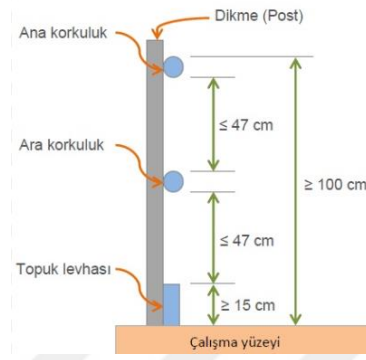


Şekil 2.7: Ara Yan Koruma ve Ana Korkuluk

Kaynak: TS EN 12810-1 (2005), Korkuluklar.

### 2.3.6. Topuk levhası (süpürgelik)

Tahta ve benzeri malzemeden yapılan en üst kenarı bitişik çalışma platformundan en az 15 cm yükseklikte olacak şekilde montaj yapılmış iskele parçasıdır. Çalışma platformunda bulunan malzemelerin ve atıl parçaların aşağı düşmesini engelleme amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.8).



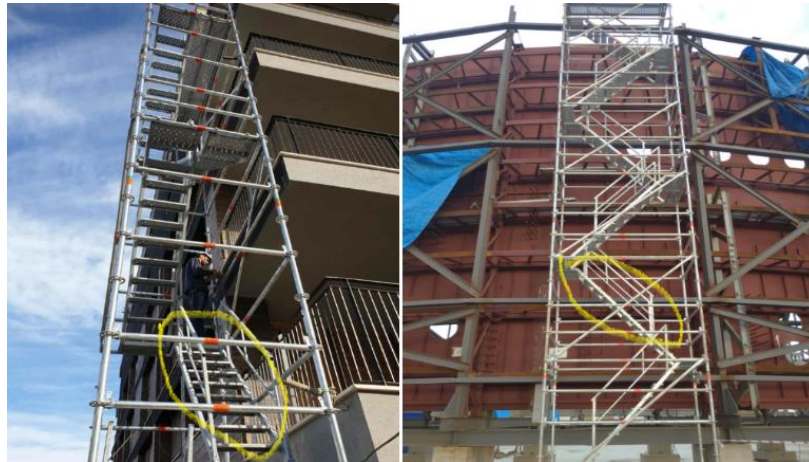
**Şekil 2.8: Topuk Levhası**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), Süpürgelik.

### 2.3.7. İskele merdivenleri

İskelede katlar arasında geçişi sağlamak amacıyla iskeleye bitişik oluşturulmuş kule içerisinde veya iskelesinin çıkıntı yapılarak genişletilmiş kısmında yer alan sabit veya portatif eğimli erişim araçlarıdır (Şekil 2.9).

Merdiven sistemleri kapalı haldeyken istem dışı açılmasını önleyecek kilitleme teçhizatlarına sahip olmalıdır. Erişim açıklıkları en az 45x60 cm olmalıdır. Erişim açıklıklarının kapı ile kapatılması olası değilse korkuluk sistemi ile düşmeyi engelleyecek tedbirler alınmalıdır.



**Şekil 2.9: İskele Merdivenleri**

**Kaynak:** Amursky Gas Processing Plant P2 (2020), İskele merdiveni.

### 2.3.8. Bağlama

İskelelerin binaya doğru veya binadan ayrılacak şekilde hareket etmesini ve devrilmesinin engellenmesi için yapıya bağlanması gerekir. İskelenin sabitlenmesi işlemi, ankraj elemanları vasıtasıyla yapılabileceği gibi yapıdaki kolon gibi elemanlardan yararlanma suretiyle de yapılabilir (Şekil 2.10).

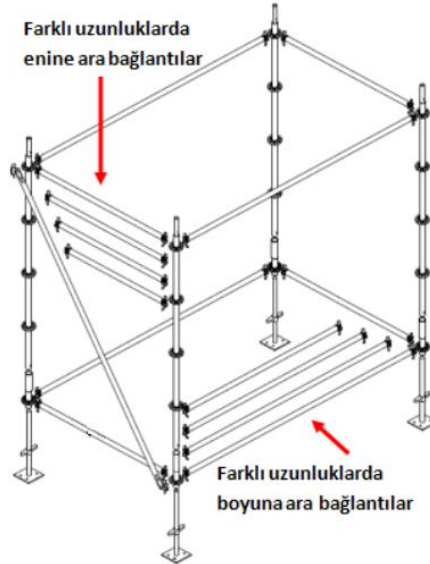


**Şekil 2.10: Bağlama Elemanları**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), Bağlama elemanı.

### 2.3.9. Enine ve boyuna ara bağlantılar

İskelenin uzun kısmına paralel olan yatay elemanlar, boyuna ara bağlantı olarak adlandırılırken, dar kısmına paralel olan yatay elemanlar enine ara bağlantı olarak bilinir. Yapılacak işin türüne ve kullanılacak iskele tipine bağlı olarak, çeşitli uzunluklarda boyuna ve enine ara bağlantı elemanları bulunur (Şekil 2.11).

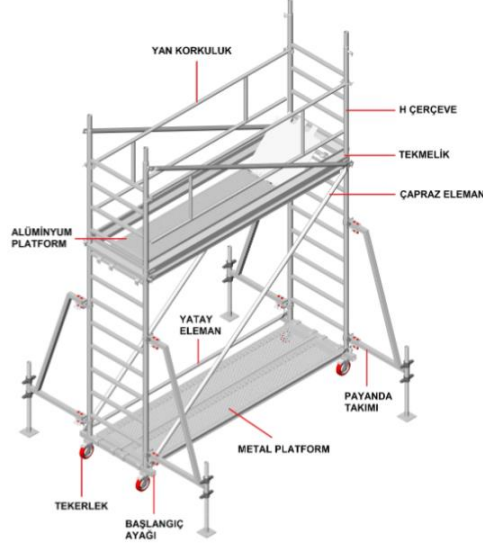


**Şekil 2.11: Enine ve Boyuna Ara Bağlantılar**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), Ara bağlantılar.

### 2.3.10. Modüler sistem

Enine ve boyuna ara bağlantı parçalarının, iskele dikmelerinden bağımsız elemanlar olduğu ve dikmelerin üzerinde diğer iskele elemanlarının bağlanabilmesi için önceden belirlenmiş (modüler) aralıklarda sabit bağlantı noktalarının (flaş, fincan vb.) bulunduğu bu sistem yaygınca kullanılmaktadır (Şekil 2.12).



**Şekil 2.12: Modüler Sistem**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), Modüler Sistem.

### 2.3.11. Kaplama

Geçirgen örtü malzemesi olan iskele filesi gibi ağ örtü veya geçirgen olmayan levhalar, polietilen gibi malzemelerin kullanılarak iskelenin atmosfer etkilerinden, tozdan ve düşen cisimlerden korunması amacıyla kaplanmasıdır (Şekil 2.13).



**Şekil 2.13: İskelelerin Kaplanması**

**Kaynak:** İSGGM (2024), Cephe iskelelerinde İSG.

### **2.3.12. Yatay ve düşey takviye**

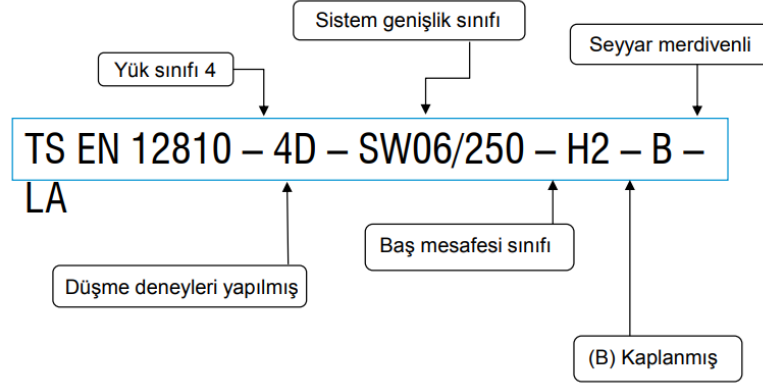
Kapalı çerçeveler, ulaşım açıklıkları olan merdiven çerçeveleri, açık çerçeveler, düşey ve yatay iskele elemanları arasındaki rijit ve yarı rijit bağlantılar çapraz takviyeler gibi düşey düzlemde kayma sabitliği yapan iskele elemanları düşey ekseninde takviyeyi oluşturmaktadır.

Çerçeve paneller, çalışma platformu elemanları, çerçeveler, çapraz takviyeler enine ve boyuna ara elemanlar arasındaki rijit bağlantılar gibi yatay düzlemde kayma rijitliği sağlayan ekipmanlar veya takviye amacıyla kullanılan diğer malzemeler ise yatay eksen takviyeyi oluşturmaktadır.

### **2.4. İskele Sistemi Kısa Gösterilişi**

İskele sistemlerin gösterimde kullanılan kodlar, iskele sisteminin özelliklerini detaylı bir şekilde tanımlayarak, kullanım amacı ve güvenlik standartları hakkında bilgi verir. Şekil 2.14'te TS EN 12810 standardına göre bir iskele sistemi sınıflandırmasının örneği gösterilmektedir. Buna göre

- 4D: Yük sınıfı 4 demektir. Bu sınıf, iskele sisteminin taşıyabileceği maksimum yük kapasitesini ifade eder. Aynı zamanda iskele sisteminin düşme testlerinden geçtiğini belirtir.
- SW06/250: İskele platformunun genişliğini ifade eder. Örnekte sistem genişliği en az 0,6 m ve uzunluğu 2,5 m çalışma alanı olduğu verilmiştir.
- H2: Baş mesafesi sınıfı, iskele sistemindeki katlar arası yükseklik (baş mesafesi) sınıfını gösterir.
- B: İskele platformunun kaplanmış olduğunu belirtir, bu genellikle kaymayı önlemek için yüzeyin kaplanmış olduğu anlamına gelir.
- LA: İskele sisteminde seyyar (hareketli) merdivenlerin bulunduğunu belirtir.



**Şekil 2.14: İskele Sistemin Kısa Gösterilişi**

**Kaynak:** TS EN 12810-1 (2005), İskele gösterimi.

## 2.5. İskelenin Kurulumu

İskelelerin güvenli ve verimli kullanımı, öncelikle iş için doğru sistemin seçilmesine bağlıdır. Eğer iskelenin temel özellikleri işe uygun değilse veya gerekli tüm bileşenler mevcut değilse, personel durumu idare etmek ve doğaçlama yapmak zorunda kalır. Bu durumlar kazalara yol açar. İskele ve ilgili bileşenlerin uygun şekilde seçilmesi, saha koşulları ve yapılacak iş hakkında temel bilgi gerektirir.

İskelelerin tüm çalışanların zarar görmemesi için standartlarda belirtilen şartları sağlayan malzemeler kullanılarak yapıya uygun şekilde bağlanmasıyla olası tehlike ve risklerin bertaraf edildiği bir plan dahilinde yetkin ve iskele kurma eğitimi olan çalışanlar tarafından kurulması önemlidir.

İskele kurulumu öncesinde; zemin durumu, iskelenin kazı alanlarına uzaklığı, bağlandığı bina veya yapının durumu, araç ve yaya trafiğine uzaklığı, iskeleye binen yük miktarları, iklimsel koşullar, kullanılan ekipman ve malzemelerin özellikleri ve sayıları, çalışanların yetkinlikleri gibi durumlar özellikle değerlendirilmelidir. Kullanılacak iskelelerin taşıyabileceği maksimum yük oranı belirtilmeli ve fazla yükleme yapılmamalıdır. (Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013).

Kurulum yapılacak alana yetkisiz girişlerin önlenmesi, sağlık ve güvenlik işaretleri ile belirtilmesi ve çalışma alanının etrafının emniyet şeridi veya bariyerlerle kapatılması gerekir (Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, 2013).

İskelelerin şekli, boyutları ve yerleştirilmesi icra edilen faaliyetin özelliklerine ve taşınan yüke uygun ve güvenli çalışmalara olanak verecek tarzda olması gerekir.

Kaymaz araçlar veya taşıyıcı zemine sabitleme gibi metotlarla iskelenin taşıyıcı elemanlarının kayması önlenir. İskeleler dengeli ve sağlam olmalıdır (Şekil 2.15). İskele standart konfigürasyonlara uygun olarak imal edilmemişse, sağlamlık ve dayanıklılık ile ilgili hesaplamalar mevcut değilse veya yapılan hesaplamalar iskele tipinde tasarlanan yapısal değişikliklere de uygun değilse bunların dayanıklılık ve sağlamlılık hesaplamaları yapılmalıdır. Eğer hesaplama yapılmazsa iskele kullanılamaz. İskele kurma, kullanma ve sökme planı hazırlanmalı ve faaliyetler plana göre yapılmalıdır. Bu plan yüksekte güvenli çalışma hususları ve tedbirleri içermelidir (İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 2013).



### Şekil 2.15: İskele Kurulum Faaliyetleri

**Kaynak:** İSGGM (2024), Cephe iskelelerinde İSG.

İskele kurulurken dikkate alınması gereken hususlar şunlardır:

- İskele tarafından taşınacak işçiler, aletler, malzemeler ve ekipmanların ağırlığı
- Saha koşulları (örneğin, iç mekân, dış mekân, dolgu malzemesi, beton zeminler, duvarların tipi ve durumu, ekipman için erişim, yükseklik farkları, ankraj noktaları)
- İskele kurulabilecek yükseklik veya yükseklikler
- İskelede yapılacak işin türü (örneğin, duvarcılık işi, kumlama, boyama, metal kaplama, mekanik kurulum, asma tavan kurulum)
- İşin süresi
- Mevcut iskele türleriyle ilgili olarak süpervizör ve ekibin deneyimi
- İskele üzerinden ve altından geçecek yaya trafiği için gereklilikler
- Beklenen hava koşulları

- Platforma erişim için merdivenler veya diğer araçlar
- Engeller
- Üzerinde çalışılan bina veya yapının konfigürasyonu
- Uygulamalı düşme koruması sağlamak dahil olmak üzere özel kurulum veya söküm problemleri
- İskele kurulmasında yardımcı olacak mekanik ekipman kullanımı



### 3. ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri, iş yerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan önemli araçlardır. Bu yöntemler, işçilerin maruz kaldığı fiziksel, psikolojik ve çevresel stres faktörlerini belirlemek ve minimize etmek için tasarlanmıştır. Ergonomik riskler, iş kazalarına ve meslek hastalıklarına yol açabileceği için, bu risklerin değerlendirilmesi ve yönetilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Tezde kullanılan yöntemler RULA, REBA ve OWAS'ın uygulamaları sırasıyla verilmiştir.

#### 3.1. RULA Yönteminin İncelenmesi

Mc Attamney ve Cortlet tarafında tarafından 1993 yılında İngiltere'de Nottingham Üniversitesi Mesleki Ergonomi Enstitüsü'nde geliştirilmiştir. RULA, herhangi bir hareket olmaksızın oturarak veya ayakta yapılan birçok işte ergonomik risk faktörlerini hesaplamak için kullanılır (Mc Atamney ve Corlett, 1993).

İnsan bedenindeki stres; bel, sırt ve bacaklara daha çok baskı üreten faaliyetlerin sebep olduğu KİSR risklerini objektif olarak ölçmeyi sağlar. RULA ergonomik değerlendirme aracı, boyun, gövde ve üst ekstremitelerdeki iş görevlerinin/taleplerinin biyomekanik ve duruşsal yük gereksinimlerini dikkate alır. RULA aşağıdaki hedefler göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir:

- 1) İşle ilgili üst ekstremitelerde rahatsızlıklarına maruz kalma riskini değerlendirmek üzere çalışan bir popülasyonun taranması için bir yöntem sağlamak.
- 2) Statik veya tekrarlayan işler yaparken çalışma duruşları ve aşırı kuvvetlerle ilişkili olan ve kas yorgunluğuna katkıda bulunabilecek kas eforunu belirlemek.
- 3) Aciliyet göstergesini tanımlayan bir eylem seviyesi çıktısı ile basit bir puanlama yöntemi sağlamak.
- 4) Minimum zaman, çaba ve ekipman gerektiren kullanıcı dostu bir değerlendirme aracı sağlamak.

RULA değerlendirmesinde sınırlamalar şu şekildedir.

- 1) Görevin süresini, mevcut iyileşme süresini veya el-kol titreşimini dikkate almaz.
- 2) Değerlendiricinin yalnızca bir çalışanın en kötü durumdaki duruşunu tek bir noktada değerlendirmesine olanak tanır, temsili duruşların kullanılmasını gerektirir.
- 3) Vücudun sağ ve sol taraflarının ayrı ayrı değerlendirilmesini gerektirir, ancak çoğu durumda vücudun hangi tarafının KİSR riskine en fazla maruz kaldığını hızlı bir şekilde belirleyebilirsiniz.

### 3.1.1. RULA üst kol postür değerlendirmesi

RULA üst kol postür değerlendirmesinde açılara göre 20 dereceye kadar +1 puan, eğer kol geriye doğru 20 dereceden fazla hareket ediyorsa +2 puan, 25-45 derece arasında +2 puan, 45-90 derece arasında +3 puan ve 90 derecenin üzerinde ise +4 puan eklenir. Bu analiz sonrasında üst kol puanı bulunur (Şekil 3.1). Kollar yanlara açılıyor ya da omuzla kalkıyorsa +1 puan bu skora eklenir, kolun desteklenmesi söz konusu ise -1 puan düşülür.



**Şekil 3.1: RULA Üst Kolların Değerlendirmesi**

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), RULA üst kol analizi.

### 3.1.2. RULA alt kol postür değerlendirmesi

Alt kol postürlerinin değerlendirilmesindeki açılara göre 0-60 derece arasında +2 puan, 60-100 derece arasında +1 puan ve 100 derecenin büyük postürlerde ise +2 puan verilir (Şekil 3.2). Çalışanın hareket sırasında kollarının yana doğru açılması lazımsa bu öngörülen puanlara +1 puan ilave edilir.

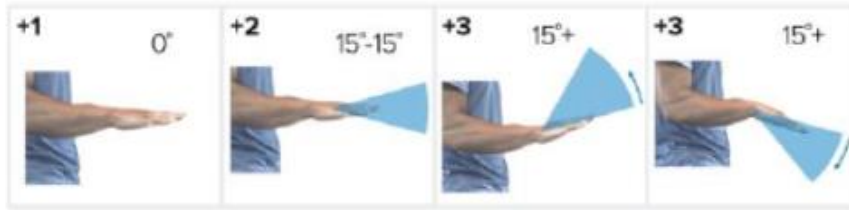


**Şekil 3.2: RULA Alt Kolların Değerlendirmesi**

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), RULA alt kol analizi.

### 3.1.3. RULA bilek postür değerlendirmesi

Bilek postürlerinin değerlendirilmesinde bilek ve el aynı hizada ise +1 puan eklenir. El postürü yukarı ve aşağıya 15 dereceye kadar açı yapıyorsa +2 puan verilir. Daha büyük açı oluşuyorsa yani açı 15 dereceden büyükse +3 puan verilir. Bilekler kolla sol veya sağ yönde bir açı yapması durumunda ise +1 puan verilir. Bilek bükülmesi içinde RULA’da puanlama söz konusudur. Bilekler 15 derecen az bükülmüşse +1 puan ve 15 dereceden fazla bükülmüşse +2 puan olarak değerlendirilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: RULA Bilek ve Kolların Değerlendirmesi

Kaynak: Ergo-plus (2024), RULA bilek-kol analizi.

### 3.1.4. RULA A puanı bulunması

Bileklerin puanlaması (1-4 puan), bileklerin bükülmesi (1-2 puan), üst kollar (1-6 puan) ve alt kollar (1-3 puan) çizelge 3.1.4’deki çizelgede birleştirilerek RULA A puanı elde edilir. Çizelge 3.1 incelendiğinde minimum 1 puan maksimum 9 puan olarak A puanı hesaplanır.

Çizelge 3.1: RULA A Puanı Değerlendirmesi

A Tablosu Puan Hesaplaması		Bileklerin Puanlaması							
		1		2		3		4	
		Bileklerin Bükülme Puanlaması							
Üst Kollar	Alt kollar	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	3	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

**Çizelge 3.1: (Devamı) RULA A Puanı Değerlendirmesi**

A Tablosu Puan Hesaplaması		Bileklerin Puanlaması							
		1		2		3		4	
		Bileklerin Bükülme Puanlaması							
Üst Kollar	Alt kollar	1	2	1	2	1	2	1	2
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:** Ergo-plus (2024), RULA A Puanı.

### 3.1.5. RULA bilek, el ve kol yük (kuvvet) puanı hesaplaması

Yük puanı hesaplanırken çalışanların kaldırdığı yüklerin ağırlıklar göz önünde bulundurulur. Yükler 2 kg'dan azsa puan eklenmez (0 puan). Eğer 2-10 kg arasında ise +2 puan ve 10 kg'dan fazla ise +3 puan eklemesi yapılır.

### 3.1.6. RULA bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı

Çalışan postürü statik haldeyse yani duruş 1 dakikadan fazla süredir sabitse veya 1 dakikalık süre içerisinde eylem 4 ve daha fazla tekrarlanıyorsa +1 puan genel RULA puanı hesaplamasına eklemeye yapılır.

### 3.1.7. RULA bilek, el ve kol puanının hesaplanması

RULA'nın nihai puanı olan C tablosu puanı için gerekli olan bilek, el ve kol puanı hesaplanırken A tablosu puanı, yük puanı, kas kullanım süresi puanı toplanır.

A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı
-----------------	---	---------------------------	---	--------------------	---	------------------------

### 3.1.8. RULA boyun postür değerlendirme

Boyun postür puanı hesaplamasında; boynun 0-10 derecelik açıyla hareketi +1 puan, 10-20 derecelik açıyla hareketi +2 puan, 20 derecen fazla öne eğilme hareketi +3 puan ve geriye doğru eğilmeler ise +4 puan olarak değerlendirilir (Şekil 3.4).



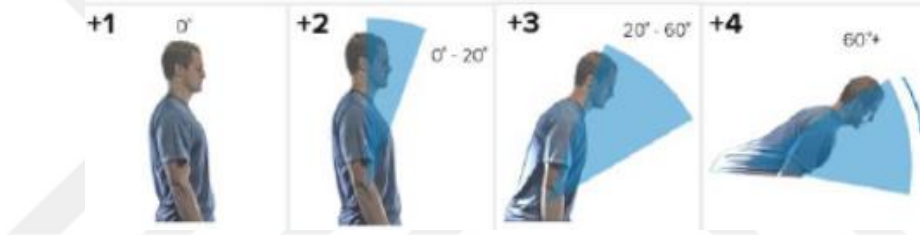
**Şekil 3.4: RULA Boyun Postür Değerlendirmesi**

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), RULA boyun analizi.

Eğer gövde burulmuşsa +1 puan ve gövde yana doğru eğilmişse +1 puan verilen hesaplama ilave edilir.

### 3.1.9. RULA gövde postür değerlendirme

Gövde postür puanı hesaplamasında; gövde dik durumda ise yani 0 derecelik açı varsa +1 puan, 0-20 derecelik açı varsa +2 puan, 20-60 derecelik açı varsa +3 puan ve 60 dereceden fazla açı varsa +4 puan olarak değerlendirilir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5: RULA Gövde Postür Değerlendirmesi**

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), RULA gövde analizi.

Eğer gövde burulmuşsa +1 puan ve gövde yana doğru eğilmişse +1 puan verilen hesaplama ilave edilir.

### 3.1.10. RULA bacakların postür değerlendirme

Eğer bacaklar ve ayaklar destekleniyorsa +1 puan ve desteklenmiyorsa +2 puan B tablosunun elde edilmesi için değerlendirilir.

### 3.1.11. RULA B puanı bulunması

Gövde postür değerleri (1-6), bacakların postür değerleri (1-2) ile boyun postür değerlerinin kesiştirilmesi ile B tablosu puanı elde edilir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2: RULA B Tablosu Puan Hesaplaması**

B Tablosu Puan Hesaplaması		Gövde Postür Değerlendirmesi											
		1		2		3		4		5		6	
		Bacakların Postür Değerlendirmesi											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Boyun Postür Değerlendirmesi	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	5	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	8	9	9	9	9

Kaynak: Ergo-plus (2024), RULA B Puanı.

### 3.1.12. RULA boyun, gövde, bacak yük (kuvvet) puanı hesaplaması

Yük puanı hesaplanırken çalışanların kaldırdığı yüklerin ağırlıklar göz önünde bulundurulur. Yükler 2 kg'dan azsa puan eklenmez (0 puan). Eğer 2-10 kg arasında ise +2 puan ve 10 kg'dan fazla ise +3 puan eklemesi yapılır.

### 3.1.13. RULA boyun, gövde, bacak kaslarının kullanım süresi puanı

Çalışan postürü statik haldeyse yani duruş 1 dakikadan fazla süredir sabitse veya 1 dakikalık süre içerisinde eylem 4 ve daha fazla tekrarlanıyorsa +1 puan genel RULA puanı hesaplamasına eklemesi yapılır.

### 3.1.14. RULA boyun, gövde, bacak puanının hesaplanması

RULA'nın nihai puanı olan C tablosu puanı için gerekli boyun, gövde ve bacak puanı hesaplanırken B tablosu puanı, yük puanı, kas kullanım süresi puanı toplanır.

B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı
-----------------	---	---------------------------	---	--------------------	---	---------------------------

### 3.1.15. RULA C puanı bulunması

RULA sonuç puanı olan C puanının eldesi boyun, gövde, bacak puanı ile bilek, el, kol puanının kesiştirilmesi ile gerçekleştirilir (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3: RULA C Tablosu Puan Hesaplaması**

C Tablosu Puan Hesaplaması		Boyun, Gövde ve Bacak Puanı						
		1	2	3	4	5	6	7+
Bilek, El ve Kol Puanının	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:** Ergo-plus (2024), RULA C Puanı.

### 3.1.16. RULA riskin derecesi

RULA sonuç skoruna göre çizelge 3.4'deki gibi riskin derecesi bulunur. İşyerinde alınması gereken tedbirler bu sonuca göre önceliklendirilir.

**Çizelge 3.4: RULA Sonuç Puan Hesaplaması**

Sonuç Puanı (Tablo C'den Alınan Nihai Puan)	
1-2 puan	Kabul edilebilir risk
3-4 puan	Daha fazla araştırma gerekli, değişiklik gerekebilir
5-6 puan	Daha fazla araştırma gerekli, yakında değişiklik yapılmalı
7 puan	Araştır ve hemen değişikliği uygula

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), RULA Sonuç Puanı.

### 3.2. REBA Yönteminin İncelenmesi

Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA), belirli iş görevleriyle ilişkili KİSR riskini "hızlı" bir şekilde değerlendirmek için geliştirilmiştir. 1998 yılında McAtamney ve Hignett tarafından önerilen bu yöntem sık tekrarlanan, zorlayıcı ve ani vücut postürlerinin değerlendirmesini sağlar. REBA, sağlık hizmetleri ve diğer hizmet sektörlerinde karşılaşılan tahmin edilemeyen çalışma duruşlarına duyarlı olacak şekilde, bir uygulayıcının saha aracı ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiştir.

REBA değerlendirilen iş göreviyle ilişkili biyomekanik ve KİSR riskleri açısından kas-iskelet sisteminin hem üst hem de alt kısımlarını değerlendirmek için sistematik bir süreç kullanır (Sağıoğlu ve ark., 2015).

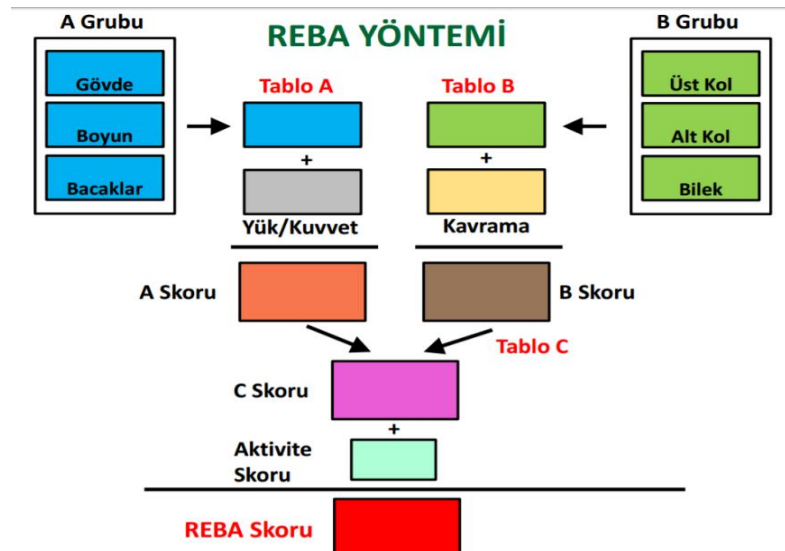
REBA aşağıdaki hedefler göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir:

- 1) Çeşitli görevlerde kas-iskelet sistemi risklerine duyarlı basit bir postüral analiz sistemi sağlamak.
- 2) Vücudu, duruş ve hareket düzlemlerine göre ayrı ayrı değerlendirmek üzere segmentlere ayırmak.
- 3) Statik, dinamik, hızlı değişen veya dengesiz duruşların neden olduğu kas aktivitesi için bir puanlama sistemi sağlamak.
- 4) Bağlantıyı yüklerin taşınmasında önemli bir değişken olarak değerlendirmek.
- 5) Aciliyet göstergesi ile bir eylem seviyesi çıktısı vermek.

REBA Değerlendirmesinde Sınırlamalar:

1. Görevin süresini, mevcut iyileşme süresini dikkate almaz veya el-kol titreşim riskini değerlendirmez.
2. Değerlendiricinin yalnızca bir çalışanın en kötü durumdaki duruşunu tek bir noktada değerlendirmesine olanak tanır ve temsili duruşların kullanılmasını gerektirir.
3. Vücudun sağ ve sol taraflarının ayrı ayrı değerlendirilmesini gerektirir, ancak çoğu durumda vücudun hangi tarafının MSD riskine en fazla maruz kaldığını hızlı bir şekilde belirleyebilirsiniz

REBA Sonuç Puanı; A grubu (gövde, boyun, bacaklar) ve B grubu (üst kol, alt kol, bilek) kullanılarak Tablo A ve Tablo B değerleri belirlendikten sonra Yük ve kavrama puanları da ilave edilerek Şekil 3.6'nın kullanımıyla elde edilir.



Şekil 3.6: REBA Sonuç Skorunun Bulunması

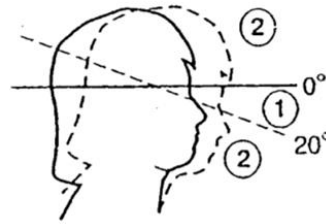
Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA sonuç skoru.

### 3.2.1. REBA boyun puanının hesaplanması

Boynun 0-20 derece açıyla hareketi +1 puan ve 20 dereceden fazla olan hareketler ise +2 puan olarak değerlendirilir. Geriye doğru hareket + 2 puan olarak kıymetlendirilirken ve boynun kendi eksenini etrafında dönmesi halinde +1 puan ilave edilir (Şekil 3.7).



Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° - 20° Fleksiyon	1	Yana esneme veya dönme varsa +1
> 20° Fleksiyon Veya Ekstansiyon	2	

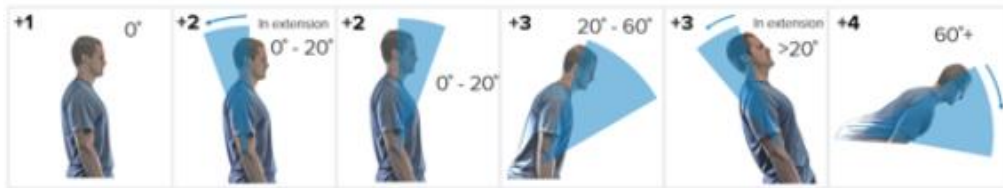


Şekil 3.7: REBA Boyun Postür Değerlendirmesi

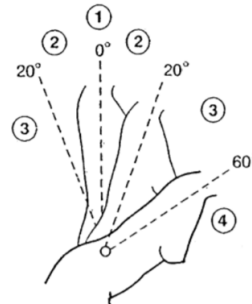
Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Boyun analizi.

### 3.2.2. REBA gövde puanının hesaplanması

Vücutun dik duruşunda yani 0 derecelik açıda +1 puan, 0-20 derece geriye hareket +2 puan, 0-20 derece öne doğru hareket +2 puan, 20-60 derece öne hareket +3 puan ve 60 dereceden fazla eğilme ise +4 puan olarak değerlendirilir. Eğer gövde burulmuşsa veya gövde yana eğilmişse ilave +1 puan eklenir (Şekil 3.8).



Hareket	Skor	Skor Değişimi
Dik	1	Yana esneme veya dönme varsa +1
0° - 20° Fleksiyon 0° - 20° Ekstansiyon	2	
20° - 60° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	3	
> 60° Fleksiyon	4	

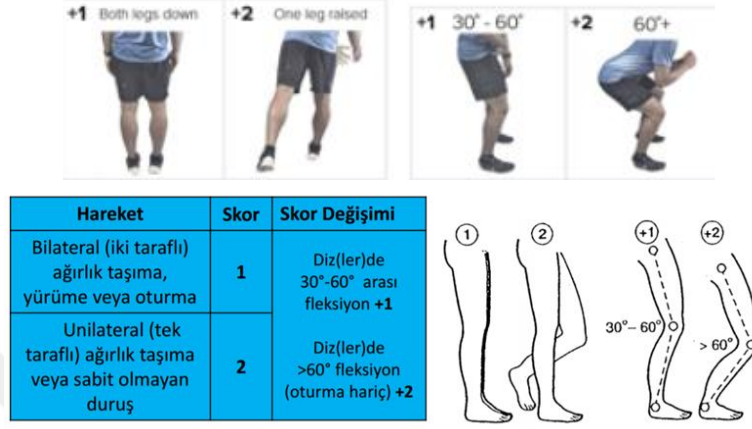


Şekil 3.8: REBA Boyun Gövde Değerlendirmesi

Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Gövde analizi.

### 3.2.3. REBA bacakların puanının hesaplanması

Bacak postürlerinin puanlaması şu şekildedir; iki bacak aşağı doğru (dik vaziyette) ise +1 puan, bir bacak havada ise +2 puan, 30-60 derecelik açıda +1 puan ve 50 dereceden fazla ise +2 puan olarak değerlendirilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: REBA Bacakların Değerlendirmesi

Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Bacakların analizi.

### 3.2.4. REBA A tablosu puanının bulunması

Boyun (1-3 puan), bacaklar (1-4 puan) ve gövde (1-5 puan) çizelge 3.5'deki tabloya göre kesiştirilerek REBA A tablosu değeri hesaplanıyor.

Çizelge 3.5: REBA A Tablosu Hesaplaması

**TABLO A**

		BOYUN											
		1				2				3			
		BACAKLAR				BACAKLAR				BACAKLAR			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA A Tablo Puanı.

### 3.2.5. REBA Yük (Kuvvet) Puanı Hesaplaması

Yük puanı hesaplanırken çalışanların kaldırdığı yüklerin ağırlıklar göz önünde bulundurulur. Yükler 5 kg'dan azsa puan eklenmez (0 puan). Eğer 5-10 kg arasında ise +1 puan ve 10 kg'dan fazla ise +2 puan eklemesi yapılır. Ani veya hızlı yük artışı olursa +1 ilave puan eklenir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6: REBA Yük Puanı Hesaplaması

Yük (Kuvvet)	Puan
<5 kg	0
5 – 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

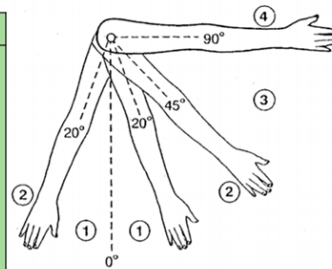
Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Yük Puanı

### 3.2.6. REBA üst kol puanı hesaplaması

Üst kol puanı hesaplanırken 20 derece fleksiyon ve 20 derece ekstansiyonu +1 puan, 20 derecen büyük ekstansiyonu varsa +2 puan, 20-45 derece fleksiyon varsa +2 puan, 45-90 derece fleksiyon +3 puan ve 90 dereceden fazla fleksiyonda +4 puan olarak değerlendirme yapılır. Kolda abdüksiyon veya rotasyon varsa ilave +1 puan, omuz yükselmişse +1 puan ve kolun postüründe yerçekimi desteğinin etkisi varsa -1 puan olarak hesaplama yapılır (Şekil 3.10).



Hareket	Skor	Skor Değişimi
20° Fleksiyon - 20° Ekstansiyon	1	Kolda: - Abdüksiyon varsa - Rotasyon varsa +1
20° - 45° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	2	
45° - 90° Fleksiyon	3	Omuz yükselmişse +1
> 90° Fleksiyon	4	Kolun duruşunda yerçekimi desteği etkiliyse -1



Şekil 3.10: REBA Üst Kolların Değerlendirmesi

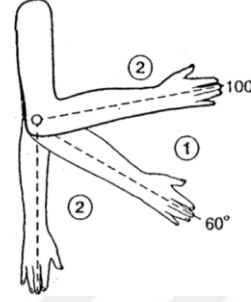
Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Üst Kol analizi.

### 3.2.7. REBA alt kol puanı hesaplaması

Alt kolun değerlendirilmesinde; 60-100 derecelik fleksiyonda +1 puan, 0-60 derece fleksiyon ve 100 dereceden fazla fleksiyonda +2 puan verilir (Şekil 3.11).



Hareket	Skor
60° - 100° Fleksiyon	1
< 60° Fleksiyon veya > 100° Fleksiyon	2



Şekil 3.11: REBA Alt Kolların Değerlendirmesi

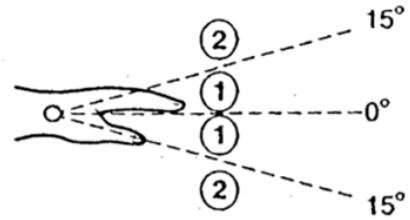
Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Alt Kol analizi.

### 3.2.8. REBA bilek puanı hesaplaması

Bileklerin değerlendirilmesi sonucunda 0-15 derece fleksiyon veya ekstansiyonu varsa +1 puan, 15 derecenin az fleksiyon veya ekstansiyonu varsa +2 puan verilir. Bileklerde yana esneme ya da dönme varsa ilave +1 puan eklenir (Şekil 3.12).



Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° - 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	1	Bileklerde yana esneme veya dönme varsa +1
> 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2	



Şekil 3.12: REBA Bileklerin Değerlendirmesi

Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Bilek analizi.

### 3.2.9. REBA tablo B puanı hesaplaması

Tablo B puanı; alt kol (1-2 puan), bilekler (1-3 puan) ve üst kol puanının (1-6 puan) çizelge 3.10'daki gibi kesiştirilmesi ile elde edilir.

Çizelge 3.7: REBA Tablo B Puanı Hesaplaması

**TABLO B**

		ALT KOL					
		1			2		
		BİLEK			BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Kaynak: Ergo-plus (2024), REBA Tablo B Puanı

### 3.2.10. REBA kavrama puanı hesaplaması

Kavrama puanının hesaplanması aşağıdaki gibidir.

\* İyi bir tutma kolu ve orta seviyede kavrama varsa 0 puan (İyi derece)

\*Vücudun başka bölgesiyle kavramaya uygun veya el tutuşu uyguna ama ideal değilse 1 puan (Uygun seviye)

\*El tutuşu uygunsuz olmasına rağmen mümkünse 2 puan (Kötü seviye)

\*Tutmaç yok, güvensiz ve zor tutuş, bedenin başka bir bölgesi kullanımıyla tutuşta uygun değilse 3 puan (Uygun değil seviye)

### 3.2.11. REBA tablo C puanı hesaplaması

Tablo C puanı; B skoru (1-12 puan) ve A skoru (1-12 puan) kesiştirilmesi ile oluşturulur (Çizelge 3.11).

**Çizelge 3.8: REBA Tablo C Puanı Hesaplaması**

**TABLO C**

		B SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	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: Ergo-plus (2024), REBA Tablo C Puanı

### 3.2.12. REBA aktivite puanı

Aktivite puanının hesaplanması aşağıdaki gibidir.

\* Bir ya da daha fazla vücut bölgesi sabitse +1 puan (Örneğin 1 dakikadan uzun süreli tutuş varsa)

\* Kısa sürelerde yenilenen işler +1 puan (Örneğin yürüme hariç 1 dakikada 4'ten fazla yenilenen faaliyet)

\* Sabit olmayan çalışma ortamı (zemin) varsa veya iş postürde hızlı ve büyük değişikliklere sebep oluyorsa +1 puan

### 3.2.13. REBA sonuç puanı hesaplanması

Tablo C puanı ve aktivite puanı toplanarak REBA sonuç puanı elde edilir.

Tablo C puanı	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
---------------	---	----------------	---	------------------

### 3.2.14. REBA riskin derecelendirilmesi

REBA sonuç puanına göre risk seviyesi ve alınması gereken önlem çizelge 3.12'de verilmiştir.

**Çizelge 3.9: REBA Risk Derecelendirmesi.**

Önlem	Risk Seviyesi	REBA Puanı	Derece
Hemen gerekli	Çok yüksek	11-15	4
Kısa zamanda gerekli	Yüksek	8-10	3
Gerekli	Orta	4-7	2
Gerekli olabilir	Düşük	2-3	1
Gerekli değil	İhmal edilebilir	1	0

**Kaynak:** Ergo-plus (2024), REBA Risk Seviyesi.

### 3.3. OWAS Yönteminin İncelenmesi

Çelik endüstrisi, sermaye yoğun yapısı nedeniyle, verimliliği artırma ihtiyacından kaynaklanan sorunlarla mücadele etmektedir. Böyle bir durumda hedeflerden biri, insanları çelik endüstrisinde çalışmaya istekli hale getirecek sağlıklı, güvenli ve verimli çalışma koşulları olmalıdır. Bu nedenle, organizasyonun her seviyesinde rutin karar alma süreçlerinde ergonomi noktalarının göz önünde bulundurulması önemlidir. Ovako Çalışma Postürü Değerlendirme Sistemi (OWAS), Avrupa'nın önde gelen çelik çubuk ve profil üreticisi OVAKO OY şirketinde, Finlandiya'da geliştirilmiştir (Takala ve ark., 2010). Bu sistem, 1973 yılında eritme fırınlarının onarım sürecindeki iş yükünü değerlendirmek için kullanılmıştır (Herzog ve ark., 2015). OWAS, başlangıçta OVAKO OY'deki farklı çalışma alanlarında kullanılan çalışma postürlerini fotoğraflayarak belirlenen 72 postürün tanımlanmasıyla oluşturulmuştur.

Güvenilirliği, daha önce bu yöntemle ilgili eğitim almış ulusal ve uluslararası bir grup mühendis tarafından çeşitli görevlerin analiziyle doğrulanmıştır. Bu amaçla, iki mühendis tarafından iki farklı iş vardiyasında (sabah ve öğleden sonra) iki işçi üzerinde gözlemler yapılmıştır. Her iki grubun bulduğu sonuçlar kabaca benzerdi. Sonrasında dört risk kategorisi belirlendiler. Birinci kategori, herhangi bir düzeltici faaliyet önerisi gerektirmeyen normal postürlerle ilgiliydi. İkinci ve üçüncü kategoriler, orta vadede düzeltici eylemler için önerilerde bulunulan bazı riskli postürleri kapsıyordu. Dördüncü kategori ise kabul edilemez postürlere yönelik olup, derhal düzeltici önlemler alınmasını gerektiriyordu (Karhu ve ark., 1977).

OWAS, işçilerin en sık görülen sırt postürlerini (4 postür), kolları (3 postür), bacakları (7 postür) ve taşınan yükün ağırlığını (3 kategori) belirler. Bu da 252 olası kombinasyonu içerir. Bu nedenle, bir işçi tarafından benimsenen her postüre, vücudun her bir parçası ve yük için önceki postürler sınıflandırmasına bağlı olarak 4

haneli bir kod atanmıştır (Carvalho ve ark., 2015). Uygulama prosedürü, iş görevlerinin gözlemlenmesi, postürlerin kodlanması, risk kategorilerinin atanması ve düzeltici eylemlerin önerilmesinden oluşur (Figlali ve ark., 2015). Avantaj olarak; sağlık, mühendislik, sanayi gibi farklı alanlardaki personel tarafından özel bir eğitim gerektirmeden kullanılabilen basit ve kullanışlı bir yöntemdir. OWAS yöntemi kullanılan çalışmalarda birçok araştırmacı ne sağ ne de sol üst uzuvları ayırt etmiş, ne de boyun, dirsekler ve bilekler gibi vücut bölgelerini değerlendirmiştir. Omuzlar için postür kodlaması kaba, uygulanması ise aşırı zaman alıcı olmuş ve ardışık postürlerin tekrarı veya süresi dikkate alınmamıştır (Wahyudi ve ark., 2015).

Öğrenmesi ve kullanması kolaydır. OWAS metodu, karmaşık ergonomik değerlendirme sistemlerine göre daha basit ve anlaşılır bir yapıya sahiptir. Bu özelliği, iş güvenliği uzmanları ve ergonomistler dışında, sahada çalışan personelin de kolayca öğrenip uygulayabilmesini sağlar.

Çalışanın geçirdiği iyi ve kötü duruşların zaman yüzdesini özetler. OWAS, çalışma sırasında gözlemlenen farklı vücut duruşlarını kategorize eder ve bunların ne kadar süreyle devam ettiğini kaydeder. Bu sayede, ergonomik açıdan riskli pozisyonların çalışma süresinin ne kadarını oluşturduğu tespit edilebilir.

İş tasarımı için kıyaslamalar sağlar. OWAS metodu, farklı iş istasyonları veya görevler arasında karşılaştırma yapma imkânı sunar. Bu özellik, işyerinde ergonomik iyileştirmelerin planlanması ve önceliklendirilmesi için değerli veriler sağlar.

OWAS analizinde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

1-Gözlem: Eğitimli bir gözlemci, çalışanların duruşlarını belirli zaman aralıklarında gözlemler. Gözlemler genellikle önceden belirlenmiş iş döngüleri boyunca yapılır. Gözlemci, vücut bölümlerinin (sırt, kollar, bacaklar) pozisyonlarını ve uygulanan kuvveti not eder.

2-Fotoğraflama: Çalışanların duruşları fotoğraflanarak kaydedilir. Bu yöntem, daha sonra detaylı analiz yapmak için kullanılabilir. Fotoğraflar, farklı açılardan çekilerek tam bir değerlendirme yapılmasına olanak tanır.

3-Video ile dinamik postürün kaydedilip bilgisayar sistemleri vasıtasıyla analizi: Çalışma süreci video ile kaydedilir. Özel yazılımlar kullanılarak video analiz edilir. Bu yöntem, dinamik hareketlerin ve zaman içindeki duruş değişikliklerinin daha ayrıntılı incelenmesine olanak tanır.

### 3.3.1. OWAS sırt postürünün puanlanması





Sırt postürünün puanlanması Şekil 3.13’de verildiği gibidir.

**Düz:** Çalışanın sırtının öne ya da yana 20°’den az eğilmesi (baş, kalça ve bacak arasındaki çizginin açısı) veya 20°’den az dönmesi (omuzlar ile kalça arasındaki açı) durumunu ifade eder.

**Eğilmiş:** Çalışanın üst vücut kısmının öne veya arkaya 20° ya da daha fazla eğilmesi (baş, kalça ve bacaklar arasındaki çizginin açısı) durumunu belirtir.

**Dönmüş:** Çalışanın sırtının 20° ya da daha fazla dönmesi (omuzlar ile kalça arasındaki açı) veya 20°’den daha fazla yana eğilmesi durumunu ifade eder.

**Eğilmiş ve Dönmüş:** Çalışanın sırtının hem eğilmiş hem de dönmüş olması halini ifade eder.

	Tanımlama	Postür	Puanlar
	Omuzlar ile kalça arasındaki açının ve kalça-bacak ve baş arasındaki çizgi açısının 20 dereceden az olma durumu	Düz	1
	Üst ekstremitelerinin öne ve arkaya 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Eğik	2
	Sırtın dönmesi veya yan taraflara 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Dönük	3
	Sırtın eğildiği ve eş zamanlı olarak dönmesi	Eğik ve dönük	4

**Şekil 3.13: OWAS Sırt Postürünün Puanlanması**

**Kaynak:** Menegon ve ark., (2012), OWAS Sırt Postürü.




### 3.3.2. OWAS kol postürünün puanlaması

OWAS metodunda kullanılan kol pozisyonlarını ve bunlara karşılık gelen puanlar Şekil 3.14’de verilmiştir.

**Puan 1:** Kolların tamamen omuz seviyesinden aşağıda olması durumu. Bu, ergonomik açıdan en az stresli pozisyonudur.

**Puan 2:** Herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya omuz seviyesinde olması durumu. Bu pozisyon, bir kol için daha fazla ergonomik stres oluşturabilir.

**Puan 3:** Her iki kolun da omuz seviyesinden yukarıda veya omuz seviyesinde olması durumu. Bu, ergonomik açıdan en stresli pozisyonudur ve uzun süreli tekrarlandığında sağlık riskleri oluşturabilir.

	<b>Tanımlama</b>	<b>Postür</b>	<b>Puanlar</b>
	Kolların tamamen omuz seviyesinden aşağıda olması	Kollar omuz seviyesinden aşağıda	1
	Herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Bir kol omuz seviyesinden yukarıda veya aynı seviyede	2
	Her iki kolunda omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Her iki kolun iki numaralı kodda belirtildiği gibi olması	3

**Şekil 3.14: OWAS Kol Postürünün Puanlanması**

**Kaynak:** Menegon ve ark., (2012), OWAS Kol Postürü.

### 3.3.3. OWAS bacak postürünün puanlaması

OWAS metodunda kullanılan vücut postürlerini ve bunlara karşılık gelen puanlar Şekil 3.15’de gösterilmiştir. Buna göre puanlar ve anlamları aşağıdaki gibidir.

**Oturma postürü (1 puan):** Kalça üzerinde vücut ağırlığının desteklenmesi.

**Düzayakta duruş (2 puan):** Diz açısının 150 dereceden fazla olması ve iki düz bacakla vücut ağırlığının desteklenmesi.







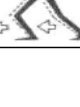
**Bacak düz şekilde ayakta duruş (3 puan):** Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağın düz pozisyonda olup ağırlığın bu bacakla desteklenmesi.

**Eğilmiş bacak üzerinde çömelmiş (4 puan):** İki dizin de eğilmesinin 150 dereceden az olması ve dizlerin eğilmesine bağlı olarak vücut ağırlığının her iki bacağına binmesi.

**Eğilen bacak üzerinde ayakta durma veya çömelme postürü (5 puan):** Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağa ağırlığın binmesi ile dizin eğilmesi.

**Dizlerden Çökme (6 puan):** Bir diz ya da iki diz üzerinde diz çökme.

**Yürüyüş (7 puan):** Çalışma çevresi etrafında işçinin hareketliliği.

Postür Resmi	Tanımlama	Postür	Puanlar
	Kalça üzerinde vücut ağırlığının desteklenmesi	Oturma postürü	1
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve iki düz bacakla vücut ağırlığının desteklenmesi.	Düzayakta duruş	2
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağın düz pozisyonda olup ağırlığın bu bacakla desteklenmesi.	Bacak düz şekilde ayakta duruş	3
	İki dizinde eğilmesinin 150 dereceden az olması ve dizlerin eğilmesine bağlı olarak vücut ağırlığının her iki bacağa binmesi.	Eğilmiş bacak üzerinde çömelmiş	4
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağa ağırlığın binmesi ile dizin eğilmesi.	Eğilen bacak üzerinde ayakta durma veya çömelme postürü	5
	Bir diz ya da iki diz üzerinde diz çökme.	Dizlerden Çökme	6
	Çalışma çevresi etrafına işçinin hareketliliği.	Yürüyüş	7

**Şekil 3.15: OWAS Bacak Postürünün Puanlanması**

**Kaynak:** Menegon ve ark., (2012), OWAS Bacak Postürü.

### 3.3.4. OWAS yük (kuvvet) puanlaması

OWAS metodunda kullanılan yük veya kuvvet değerlendirmesi Çizelge 3.13'te gösterilmiştir. Buna göre

**Puan 1:** Kaldırılan yük ya da gereksinim duyulan kuvvet (10 kg veya daha az)

**Puan 2:** Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg'dan az 10 kg'dan çoktur.

**Puan 3:** Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg'dan çoktur.

Bu puanlama sistemi, çalışanların maruz kaldığı fiziksel yükü veya uyguladıkları kuvveti değerlendirmek için kullanılır.

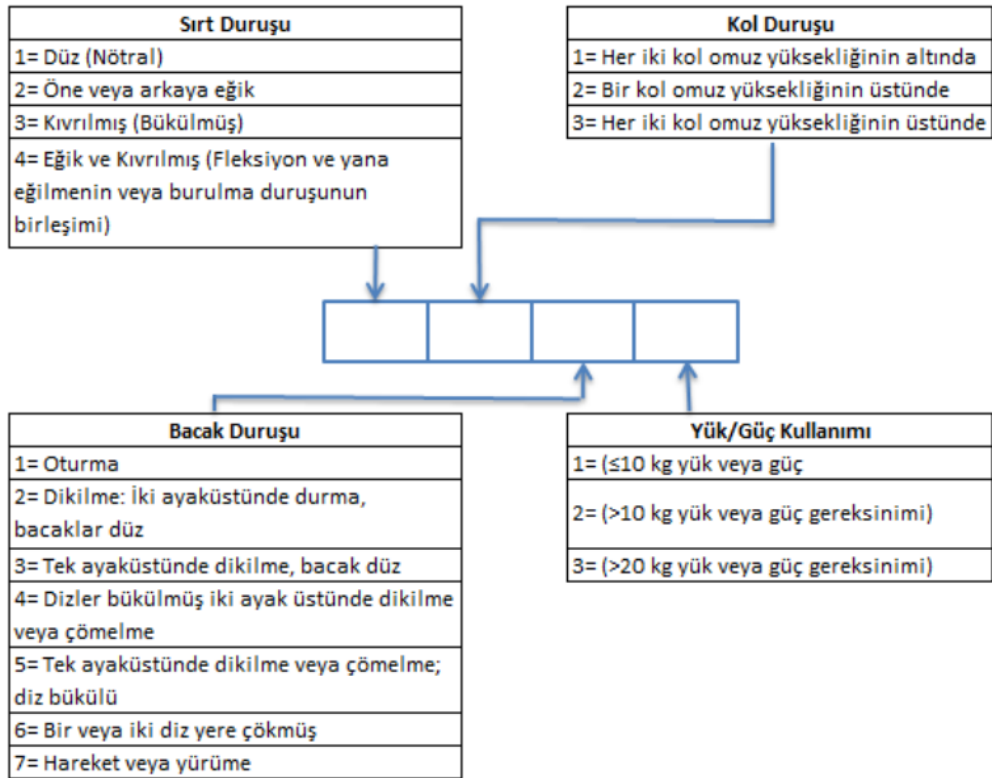
**Çizelge 3.10: OWAS Yük (Kuvvet) Puanlanması**

Açıklama	Yük (Kuvvet)	Puan
Kaldırılan yük ya da gereksinim duyulan kuvvet (10 kg veya daha az)	$\leq 10$ kg	1
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg'dan az 10 kg'dan çoktur.	$\leq 20$ kg, $> 10$ kg	2
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg' dan çoktur.	$> 20$ kg	3

**Kaynak:** Menegon ve ark., (2012), OWAS Yük (Kuvvet).

### 3.3.5. OWAS sonuç puanı

OWAS metodunda çalışma postürlerinin puanlarının tek bir halde gösterimi Şekil 3.16'da verilmiştir.



**Şekil 3.16: OWAS Çalışma Postürlerinin Puanları**

**Kaynak:** Menegon ve ark. (2012), OWAS Çalışma Postürleri.

Sırt, kol, bacak ve kuvvetlerin şekil 3.17'de kesiştirilmesi ile OWAS sonuç puanı elde edilir. Sonuç puanı 1 ve 4 puan arasında değişmektedir.

Sırt	Kollar	1			2			3			4			5			6			7			Bacaklar
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

**Şekil 3.17: OWAS Sonuç Puanı**

**Kaynak:** Menegon ve ark. (2012), OWAS Sonuç Puanı.

### 3.3.6. OWAS risk derecesi

OWAS sonuç puanlarına göre risk derecelendirmesi ve alınması gereken önlemler Çizelge 3.14'de verilmiştir. OW1 (1 puan) durumda eylem gerekmezken OW2 (2 puan) yakın bir dönemde düzeltici eylem yapılmalıdır. OW3 (3 puan) ise kısa sürede düzeltici faaliyet yapılmalıdır. OW4 ise (4 puan) ivedilikle düzeltici faaliyet gerçekleştirilmelidir.

**Çizelge 3.11: OWAS Sonuçlara Göre Eylem Dereceleri**

Eylem Kodu	Eylem Durumu	Tanımlama
OW1	Kas iskelet sistemine zararsız normal postür	Eylem gerekmez.
OW2	Kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.
OW3	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürdür.	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
OW4	Kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

**Kaynak:** Menegon ve ark., (2012), OWAS Risk Derecesi.

#### 4. METERYAL VE METOT

Bu çalışmada Rusya'nın Amursky bölgesinde yapılan bir Gaz İşleme Tesisi P2 ve Amursky TF (Temporary Facilities) Projesindeki gözlemlere dayanmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre 319674 m<sup>2</sup> ve 603294 m<sup>3</sup> iskele kurulumu öngörülmüştür. Projede çalışan yaklaşık 10.000 işçinin (proje süresince tüm giriş çıkışlar dahil) yaklaşık 500'ü iskele grubu bünyesinde çalışmaktadır (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1: Gaz İşleme Tesisi P2 ve Amursky TF Görünümü**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

#### 4.1. Katılımcı Seçimi ve Veri Gözlemleri

Projede, iskele grubunda 500 işçi istihdam edilmektedir. İskele işçilerinin yaş grubu dağılımları ve sayıları Çizelge 4.1'de verilmiştir. 18-25 yaş grubunda 125, 26-35 yaş grubunda 112, 36-45 yaş grubunda 136 ve 46 ve üzeri yaş grubunda 127 işçi bulunmaktadır.

**Çizelge 4.1: İskele Çalışanlarının Yaşlara Göre Dağılımları**

Yaş Grubu	İskele Çalışan Sayısı
18-25	125
26-35	112
36-45	136
46+	127
<b>Toplam Çalışan</b>	<b>500</b>

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

Bu işçiler, rafineri inşaat sahasında 5210 farklı noktada çalışırken gözlemlendi ve faaliyetlerine ait 2000 fotoğraf çekildi. İskele işçilerinin iskele kurulum sırasındaki davranışları, rafineri sahasının çeşitli alanlarında üç ay boyunca gözlemlendi. Aynı iskele parçalarının kurulumuna ilişkin işçi duruşları esas alındı. Rafineri inşaat projelerinde yüksek işçi sirkülasyonu vardır. Bu çalışmada, aynı görevleri yerine getiren aynı işçiler dikkate alındı. İşçilerin davranışları ve duruşları, görevlerine müdahale edilmeden uzaktan gözlemlendi.

#### 4.2. Revir Kayıtları

Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini projede uygulama sebebi revir kayıtları üzerinde yaptığımız kök sebep analizleridir. İskele grubu çalışanlarının %16,6'lık kısmı KİSR sebebiyle 172 gün işe devamsızlık yapmışlardır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2: KİSR ve İşe Devamsızlık Sayıları**

Yaş grubu	Çalışan Sayısı	KİSR Olan Çalışanlar	İşe Devamsızlık (Gün olarak)
18-25	125	15	32
26-35	112	13	26
36-45	136	24	56
46+	127	31	58
<b>Toplam</b>	<b>500</b>	<b>83</b>	<b>172</b>

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

Veri analizi için farklı korelasyon yöntemleri mevcuttur (Whitford, 2005). Çalışmamızda Pearson Korelasyon Katsayısı istatistiksel yöntemi kullanılmıştır.

#### 4.3. Pearson Korelasyon Katsayısı Uygulanması

Pearson Korelasyon Katsayısı (Pearson Correlation Coefficient), iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçmek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Bu katsayı, -1 ile 1 arasında bir değer alır ve bu değerler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü ifade eder. Bu yöntem, her iki değişkenin de sürekli olduğu ve aralarındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayıldığında en çok kullanılan yöntemdir (Rodgers ve ark., 1998).

Pearson Korelasyon Katsayısı hesaplama adımları aşağıdaki gibidir.

Veri Toplama: İki değişkenin veri çiftlerini toplayın. Bu veriler genellikle X ve Y olarak adlandırılır.

Ortalama Hesaplama: Her iki değişken için de ortalama değerleri hesaplanır.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$
$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$
(4.1)

Kovaryans Hesaplama: İki değişken arasındaki kovaryansı hesaplanır.

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$
(4.2)

Standart Sapma Hesaplama: Her iki değişkenin standart sapmalarını hesaplanır.

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$
$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$
(4.3)

Pearson Korelasyon Katsayısının Hesaplanması: Pearson korelasyon katsayısı 4.4'deki formülle hesaplanır.

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$
(4.4)

Pearson Korelasyon Katsayısının yorumu Şu Şekildedir.

- $r=1$ : Mükemmel pozitif doğrusal ilişki
- $r=-1$ : Mükemmel negatif doğrusal ilişki
- $r=0$ : Hiçbir doğrusal ilişki yok
- $0 < r < 1$ : Pozitif doğrusal ilişki
- $-1 < r < 0$ : Negatif doğrusal ilişki

p değeri, hesaplanan r değerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılır. p değeri küçük (genellikle  $p < 0.05$  olarak kabul edilir) ise, korelasyon katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır ve değişkenler arasında anlamlı bir doğrusal ilişki vardır. p değeri büyük ise, gözlenen korelasyon istatistiksel olarak anlamlı değildir ve rastlantısal olabilir. İskele grubunun faaliyetleri süresince karşılaştıkları KİSR rahatsızlıkları ile ilgili yapılan Pearson Korelasyon İstatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3: Pearson Korelasyon Katsayısı Uygulanması**

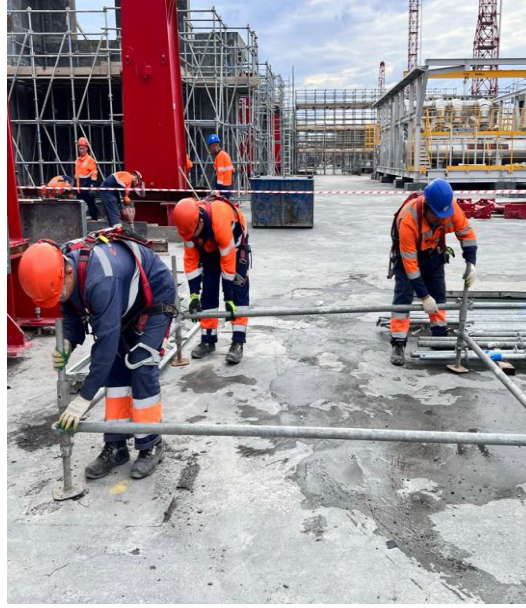
Değişkenler	Pearson Korelasyon Katsayısı (r)	P Değeri
Çalışan Sayısı-KİSR	0,634	0,366
Çalışan Sayısı- Devamsızlık (Gün olarak)	0,810	0,190
KİSR- Devamsızlık (Gün olarak)	0,954	0,046

Analiz sonuçları; Çalışan Sayısı – KİSR arasında orta düzeyde pozitif bir korelasyon, Çalışan Sayısı- Devamsızlık (Gün) arasında yüksek düzeyde pozitif bir korelasyon ve KİSR- Devamsızlık (Gün) arasında ise çok güçlü pozitif bir korelasyon olduğunu ve bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. KİSR yaşayan işçi sayısının yaşla birlikte arttığı ve bu ilişkinin oldukça güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Yaş grubu ve devamsızlık günleri arasındaki korelasyon, yaş gruplarının artmasıyla birlikte devamsızlık günlerinin sayısının da arttığını ve bu ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir. KİSR olan işçi sayısındaki artış ile devamsızlık günlerindeki artış arasında doğrudan ve önemli bir ilişki mevcuttur.

#### 4.4. Çalışmada Kullanılan Postürlerin Değerlendirilmesi

Rafineri inşaatında çalışanların postürlerinin benzer olduğu yapılan incelemelerde görülmüştür. İskele grubu inşaat aşaması boyunca ekipman montajı, boya işleri, yalıtım çalışmaları, elektrik tesisatları ve boru mühendisliği gibi faaliyetler gerçekleştirilmektedir ve bu da çeşitli iskele türlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada 8 farklı ekipmanın kurulum faaliyetleri incelenmiştir.

A1 ile gösterilen ekipman iskele yan elemanları olup 4,37 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.



#### **Şekil 4.2: İskele Yan Elamanlarının Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A1 iskele elamanının montajında çalışanların postürlerine uygulanan RULA ergonomik risk değerlendirmesi EK-1, REBA ergonomik risk değerlendirmesi EK-2 ve OWAS ergonomik risk değerlendirmesi EK-3'te gösterilmiştir.

RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 2, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 2 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 7 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 4 ve bacakların postür puanı 2 olarak bulunarak RULA B puanı 6 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 2 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 9 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (7 ve 9 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (Ek-1).

REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 4 ve bacak postür puanı 2 bulunarak REBA A tablosu puanı 6 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A1 ekipmanı için 0 puandır. A skoru 6 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 2+1, alt kol postür puanı 2 ve bilek postür puanı 2+1 bulunarak REBA B tablosu puanı 5 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 6 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C

skoru elde edilmiştir. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 9 puan olarak hesaplanmıştır (EK-2).

OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 4 puan, kol postürü 1 puan, bacak postürü 1 puan ve yük 1 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 2 olarak hesaplanmıştır (EK-3).

A2 ile gösterilen ekipman iskele merdiven sistemi olup 40,28 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3: İskele Merdiven Sisteminin Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A2 iskele elamanının montajında çalışanların postürlerine uygulanan RULA ergonomik risk değerlendirmesi EK-4, REBA ergonomik risk değerlendirmesi EK-5 ve OWAS ergonomik risk değerlendirmesi EK-6'da gösterilmiştir.

A2 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 4, alt kol postür puanı 2, bilek postür puanı 2 ve bunlara bağlı RULA A puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 3 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 9 olarak bulunmuştur.

Boyun postür puanı 4, gövde postür puanı 2 ve bacakların postür puanı 2 olarak bulunarak RULA B puanı 6 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 3 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 10 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (9 ve

10 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-4).

A2 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 3 ve bacak postür puanı 1 bulunarak REBA A tablosu puanı 5 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A2 ekipmanı için 2 puandır. A skoru 7 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 5, alt kol postür puanı 2 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 8 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 10 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 12 puan olarak hesaplanmıştır (EK-5).

A2 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 2 puan, kol postürü 3 puan, bacak postürü 7 puan ve yük 3 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 4 olarak hesaplanmıştır (EK-6).

A3 ile gösterilen ekipman iskele çalışma platformu olup 13,03 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.4: İskele Çalışma Platformunun Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A3 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 4, alt kol postür puanı 3, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 3 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 9 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 4, gövde postür puanı 3 ve bacakların postür puanı

2 olarak bulunarak RULA B puanı 7 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 3 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 11 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (9 ve 11 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-7).

A3 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 4 ve bacak postür puanı 2 bulunarak REBA A tablosu puanı 7 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A3 ekipmanı için 2 puandır. A skoru 7 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 5, alt kol postür puanı 2 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 8 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 10 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 13 puan olarak hesaplanmıştır (EK-8).

A3 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 4 puan, kol postürü 2 puan, bacak postürü 7 puan ve yük 2 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 3 olarak hesaplanmıştır (EK-9).

A4 ile gösterilen ekipman yan korkuluk sistemi olup 11,82 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.5: İskele Korkuluklarının Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A4 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 1, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 3 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım

süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 8 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 2 ve bacakların postür puanı 1 olarak bulunarak RULA B puanı 3 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 3 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 7 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (8 ve 7 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-10).

A4 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 2 ve bacak postür puanı 1 bulunarak REBA A tablosu puanı 3 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A4 ekipmanı için 2 puandır. A skoru 5 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 1 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 4 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 5 puan olmuştur.

A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. C skoru 6 olarak bulunmuştur. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 17 puan olarak hesaplanmıştır (EK-11).

A4 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 2 puan, kol postürü 1 puan, bacak postürü 5 puan ve yük 2 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 3 olarak hesaplanmıştır (EK-12).

A5 ile gösterilen ekipman topuk levhası (süpürgelik) olup 4,08 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6: Topuk Levhasının (Süpürgelik) Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A5 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 4, alt kol postür puanı 3, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 2 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 8 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 4, gövde postür puanı 5 ve bacakların postür puanı 1 olarak bulunarak RULA B puanı 7 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 3 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 9 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (8 ve 9 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-13).

A5 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 5 ve bacak postür puanı 2 bulunarak REBA A tablosu puanı 7 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A5 ekipmanı için 0 puandır. A skoru 7 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 1 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 4 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 5 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. C skoru 9 olarak bulunmuştur. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 10 puan olarak hesaplanmıştır (EK-14).

A5 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 4 puan, kol postürü 1 puan, bacak postürü 6 puan ve yük 1 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 4 olarak hesaplanmıştır (EK-15).

A6 ile gösterilen ekipman çaprazlar (yan destek elemanları) olup 6,94 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.7: Çapraz Bağlantıların Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A6 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 1, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 4 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yk puanı 2 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 7 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 3 ve bacakların postür puanı 1 olarak bulunarak RULA B puanı 4 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yk puanı 2 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 7 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (7 ve 7 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-16).

A6 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 2 ve bacak postür puanı 1 bulunarak REBA A tablosu puanı 3 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A6 ekipmanı için 1 puandır. A skoru 4 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 1 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 5 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 1 puandır. B skoru bu şekilde 5 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. C skoru 5 olarak bulunmuştur. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 6 puan olarak hesaplanmıştır (EK-17).

A6 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 3 puan, kol postürü 2 puan, bacak postürü 3 puan ve yk 1 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 1 olarak hesaplanmıştır (EK-18).

A7 ile gösterilen ekipman taban plakaları olup 4,7 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri şekil 4.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.8: Taban Plakalarının Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A7 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 2, alt kol postür puanı 2, bilek postür puanı 1 ve bunlara bağlı RULA A puanı 3 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 2 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tabloda 6 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 2 ve bacakların postür puanı 1 olarak bulunarak RULA B puanı 2 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 2 ve boyun, gövde ve bacak kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (6 ve 5 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tabloda 6 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-19).

A7 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 3 ve bacak postür puanı 1 bulunarak REBA A tablosu puanı 4 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A7 ekipmanı için 1 puandır. A skoru 5 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 2, alt kol postür puanı 1 ve bilek postür puanı 2 bulunarak REBA B tablosu puanı 2 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 0 puandır. B skoru bu şekilde 2 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tabloda C skoru elde edilmiştir. C skoru 4 olarak bulunmuştur. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 5 puan olarak hesaplanmıştır (EK-20).

A7 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 2 puan, kol postürü 2 puan, bacak postürü 4 puan ve yük 1 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 3 olarak hesaplanmıştır (EK-21).

A8 ile gösterilen ekipman boru kelepçeleri olup 2,16 kg ağırlığa sahiptir. Çalışanların postürleri Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 4.9: Boru Kelepçelerinin Montajı**

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

A8 ekipmanının RULA risk değerlendirmesine göre üst kol postür puanı 2, alt kol postür puanı 1, bilek postür puanı 3 ve bunlara bağlı RULA A puanı 3 olarak hesaplanmıştır. Bilek, el ve kol yük puanı 2 ve bilek, el ve kol kaslarının kullanım süresi puanı 1 olarak değerlendirildiğinde bilek, el ve kol puanı tablodan 6 olarak bulunmuştur. Boyun postür puanı 3, gövde postür puanı 4 ve bacakların postür puanı 1 olarak bulunarak RULA B puanı 5 olarak elde edilmiştir. Boyun, gövde ve bacak yük puanı 2 ve boyun, gövde ve bacak kasların kullanım süresi puanı 1 olarak alındığında RULA boyun, gövde ve bacak puanı 8 olarak hesaplanmıştır. Bu iki puanlama (6 ve 8 puan) kullanılarak RULA C puanı (sonuç puanı) tablodan 7 olarak ortaya çıkarılmıştır (EK-22).

A8 ekipmanının REBA risk değerlendirmesine göre; boyun postür puanı 2, gövde postür puanı 4 ve bacak postür puanı 2 bulunarak REBA A tablosu puanı 6 olarak değerlendirilmiştir. Yük puanı A8 ekipmanı için 0 puandır. A skoru 6 puan olarak ortaya çıkmıştır. Üst kol postür puanı 3, alt kol postür puanı 2 ve bilek postür puanı 2

bulunarak REBA B tablosu puanı 5 puan olarak değerlendirilmiştir. Kavrama puanı 0 puandır. B skoru bu şekilde 5 puan olmuştur. A ve B skorlarının kullanımıyla tablodan C skoru elde edilmiştir. C skoru 8 olarak bulunmuştur. Aktivite puanı 1'dir. REBA sonuç puanı 9 puan olarak hesaplanmıştır (EK-23).

A7 ekipmanının OWAS risk değerlendirmesine göre ise sırt postürü 4 puan, kol postürü 2 puan, bacak postürü 7 puan ve yük 1 puan olarak değerlendirildiğinde OWAS Sonuç Puanı 2 olarak hesaplanmıştır (EK-24).

#### 4.5. Geliştirilmiş OWAS (G-OWAS) Yöntemi Önerisi

OWAS yöntemi, postürlerin frekansını (bir postürün ne sıklıkla tekrarlandığını) dikkate almamaktadır. KİSR en öneli durumlardan birisi de tekrarlanan postürlerdir. Her bir ekipmanın kullanım sıklığının eklenmesi ile postürler için daha doğru bir değerlendirme olacaktır. Örneğin taban plakaları 4 adet olup aynı postür bir iskele platformu için 4 kere tekrarlanırken çalışma platformu 3 katlı bir iskelede 3 adettir ve 3 kere tekrarlanmış olacaktır.

Frekans faktörünün OWAS yöntemine eklenmesi, her bir postürün günlük tekrar sayısına göre puanlanmasını sağlar. Frekans kategorilerini belirlerken, hareketlerin iş yükü üzerindeki etkisini ve ergonomik risk seviyelerini doğru bir şekilde yansıtmayı amaçlamak önemlidir. Frekans aralıkları belirlenirken standartlar incelenmiştir (BS ISO 11228, 2021).

Önerilen puanlama sistemi Çizelge 4.4'deki gibidir.

**Çizelge 4.4: G-OWAS Frekansları**

Frekans	Puan
Günde 1-5 tekrar	1
Günde 6-15 tekrar	2
Günde 16-25 tekrar	3
Günde 26 ve üzeri tekrar	4

Önerdiğimiz geliştirilmiş OWAS yöntemi, postürlerin frekansını da dikkate alarak daha kapsamlı bir ergonomik risk değerlendirmesi sağlar. İşçilerin çalışma postürleri, belirli zaman aralıklarında gözlemlenerek kaydedilir. Her bir postürün günlük tekrar sayısı belirlenir ve frekans puanı eklenir. Mevcut OWAS puanlarına frekans puanları eklenir. Örneğin, A postürü için mevcut puan 2 ise ve bu postür günde 10 kez

tekrarlanıyorsa, toplam puan  $2 + 2 = 4$  olur. Toplam puanlar, ergonomik risk seviyelerini belirlemek için kullanılır (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5: G-OWAS Sonuçları**

Toplam Puan	Risk Kategorisi	Eylem Durumu
1-2	Düşük Risk	Eylem gerekmez
3-4	Orta Risk	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.
5-6	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
7-8	Çok Yüksek Risk	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

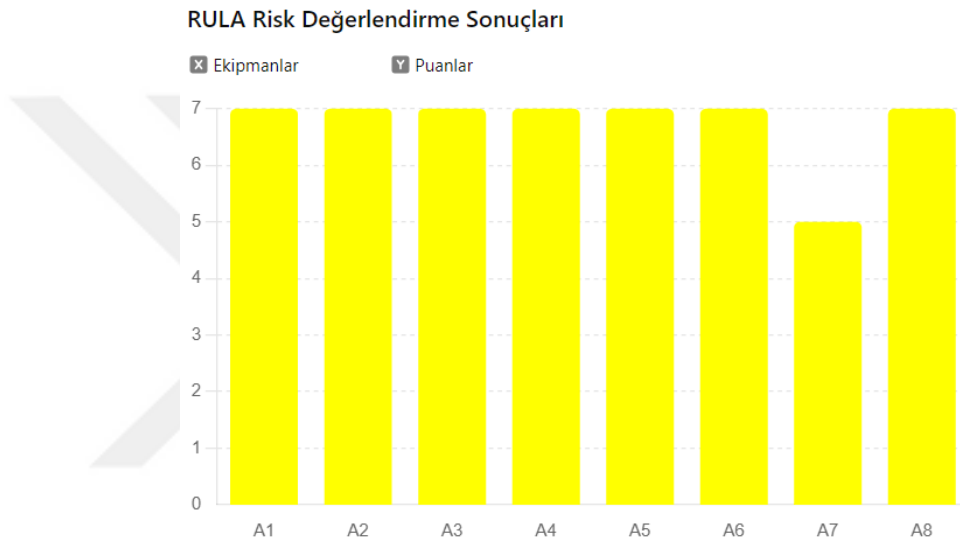
Yeni modele göre iskele gruplarından birinin kurulum faaliyetindeki risk değerlendirme sonuçları aşağıdaki gibi olacaktır.

A1 ekipmanı için  $2+3=5$  puan bulunur ve kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A2 ekipmanı için  $4+3=7$  puan bulunur ve acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A3 ekipmanı için  $3+3=6$  puan bulunur ve kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A4 ekipmanı için  $3+4=7$  puan bulunur ve acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A5 ekipmanı için  $4+3=7$  puan bulunur ve acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A6 ekipmanı için  $1+4=5$  puan bulunur ve kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A7 ekipmanı için  $3+2=5$  puan bulunur ve kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır. A8 ekipmanı için  $2+4=6$  puan bulunur ve kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

RULA risk değerlendirme sonuçlarına göre sadece A7 ekipmanı için sonuç puanı 5 bulunurken diğer iskele parçaları A1, A2, A3, A4, A5, A6 ve A8 için sonuç puanı 7 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi**



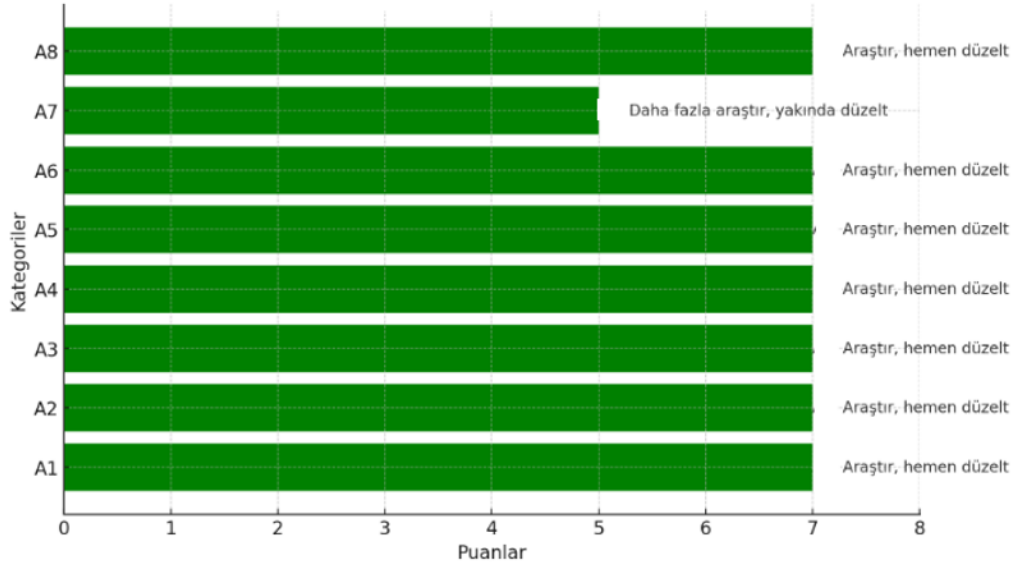
Belirlenen RULA puanlarına göre A5 ekipmanı için eylem olarak daha fazla araştırma gerekliliği ve yakında değişiklik yapılması sonucu bulunurken A1, A2, A3, A4, A5, A6 ve A8 için araştırmayı ve hemen değişikliği uygula sonucu elde edilmiştir (Çizelge 5.2).

**Çizelge 5.2: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Anlamı**

Ekipman	RULA Puanı	Eylem
A1	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A2	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A3	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A4	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A5	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A6	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula
A7	5	Daha fazla araştırma gerekli, yakında değişiklik yapılmalı
A8	7	Araştır ve hemen değişikliği uygula

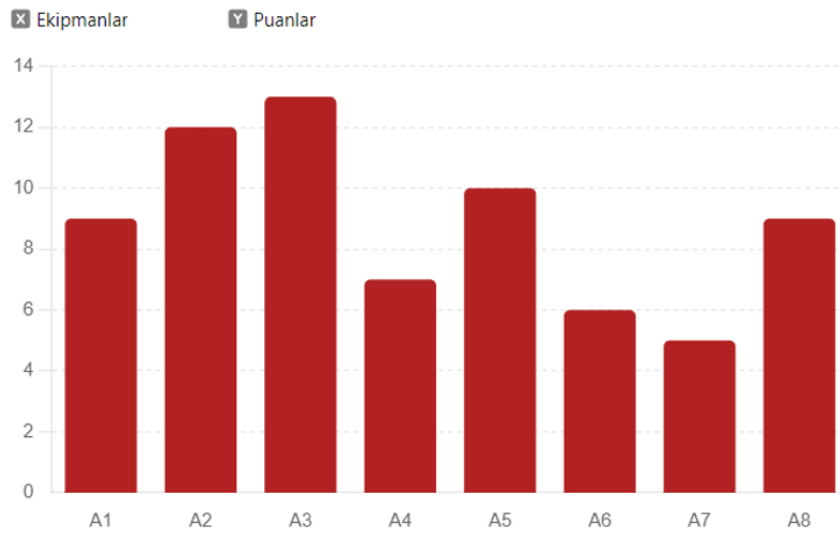
RULA risk değerlendirme sonuçlarının anlamının grafiksel gösterimi ise Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.3: RULA Risk Değerlendirme Sonuçlarının Anlamının Grafiksel Gösterimi**



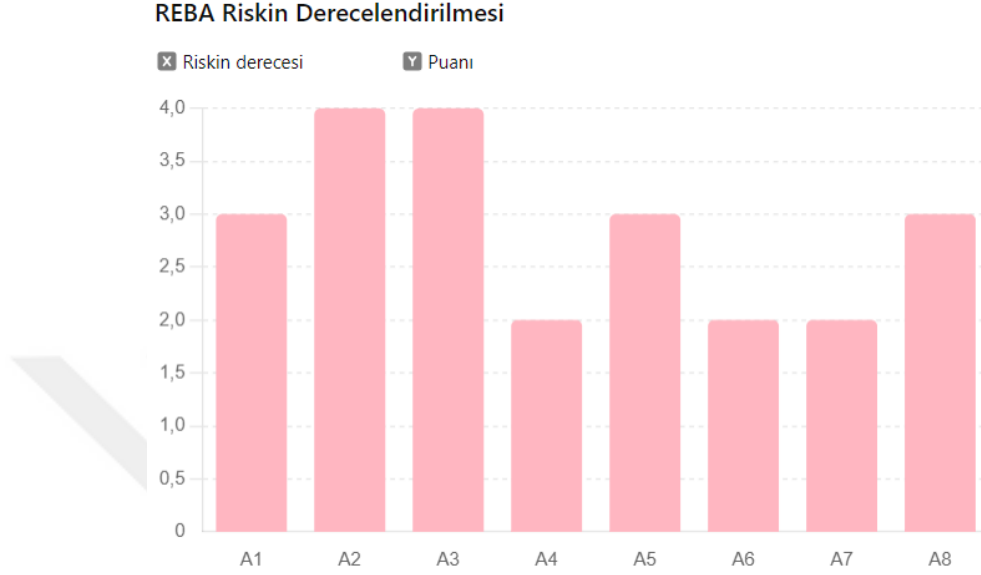
REBA risk değerlendirme sonuçlarına göre A1 ve A8 ekipmanı için 9 puan, A2 ekipmanı için 12 puan, A3 ekipmanı için 13 puan, A4 ekipmanı için 7 puan, A5 ekipmanı için 10 puan, A6 ekipmanı için 6 puan ve A7 ekipmanı için 5 puan hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).

**Çizelge 5.4: REBA Risk Puanlarının Grafiksel Gösterimi**



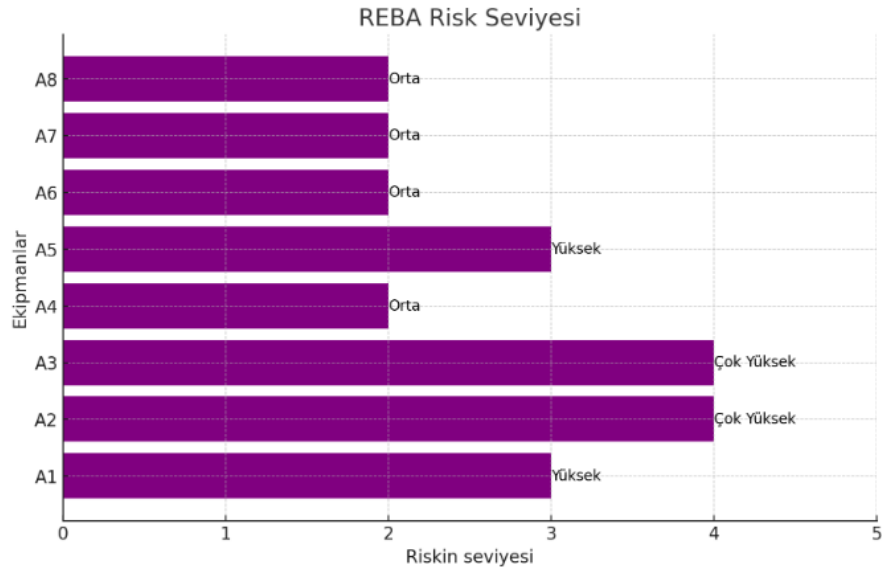
REBA risk değerlendirme sonuçlarına göre riskin derecelendirilmesinde A1, A5 ve A8 ekipmanları 3.seviye, A2 ve A3 ekipmanları 4.seviye, A4, A6 ve A7 ise 2.seviye olarak bulunmuştur (Çizelge 5.5).

**Çizelge 5.5: REBA Riskin Derecelendirilmesinin Grafikselleştirilmesi**



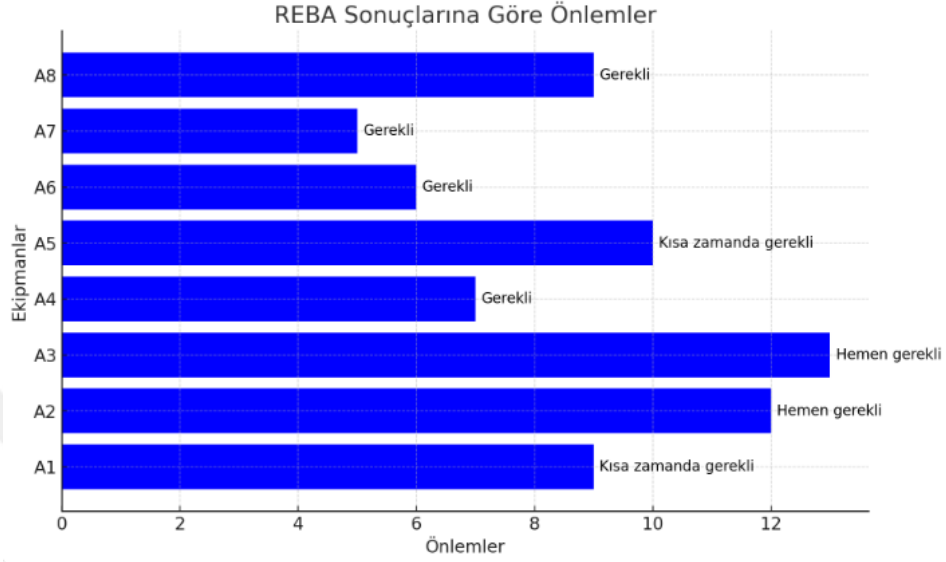
REBA risk değerlendirme sonuçlarına göre risk seviyeleri A1 ve A5 ekipmanlarında yüksek, A2 ve A3 ekipmanlarında çok yüksek, A4, A6, A7 ve A8 ekipmanlarında ise orta olarak bulunmuştur (Çizelge 5.6).

**Çizelge 5.6: REBA Risk Seviyesinin Grafikselleştirilmesi**



REBA risk değerlendirme sonuçlarına göre alınması gerekli önlemler A1 ve A5 ekipmanlarında kısa sürede gerekli, A2 ve A3 ekipmanlarında hemen gerekli, A4, A6, A7 ve A8 ekipmanlarında ise gerekli olarak bulunmuştur (Çizelge 5.7).

**Çizelge 5.7: REBA Risk Sonuçlarına Göre Alınması Gereken Önlemlerin Grafıksel Gösterimi**



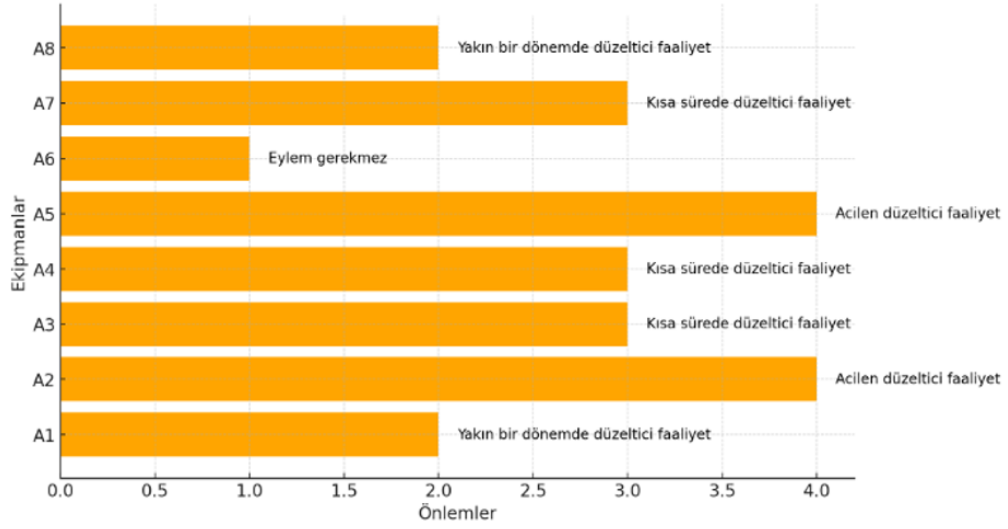
REBA risk değerlendirme sonuçlarının tablosal gösterimi ise Çizelge 5.8’de olduğu gibidir.

**Çizelge 5.8: REBA Risk Değerlendirmesi Sonuçları**

Ekipman	REBA Puanı	Derece	Risk Seviyesi	Önem
A1	9	3	Yüksek	Kısa zamanda gerekli
A2	12	4	Çok Yüksek	Hemen gerekli
A3	13	4	Çok Yüksek	Hemen gerekli
A4	7	2	Orta	Gerekli
A5	10	3	Yüksek	Kısa zamanda gerekli
A6	6	2	Orta	Gerekli
A7	5	2	Orta	Gerekli
A8	9	3	Orta	Gerekli

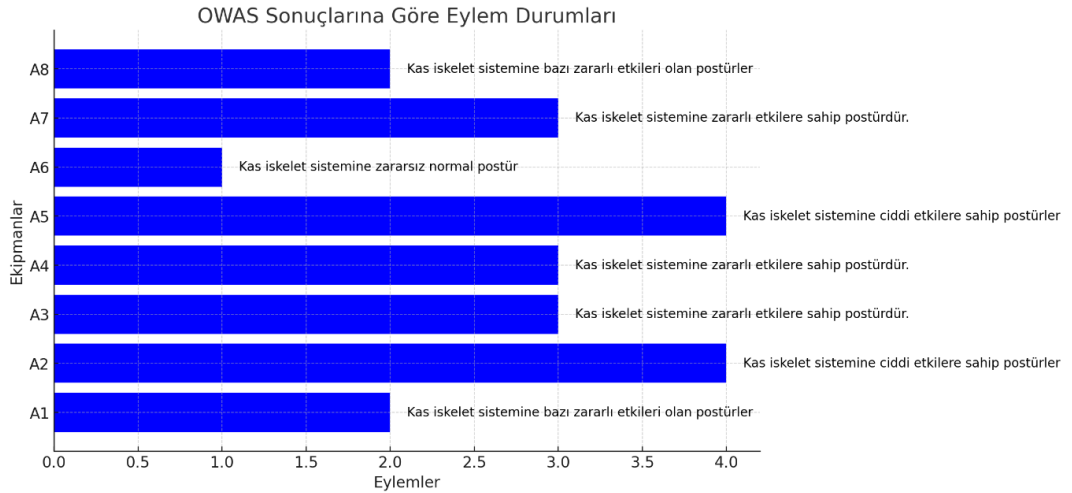
OWAS risk değerlendirme sonuçlarına göre A1 ve A8 ekipmanları için yakın zamanda düzeltici faaliyet yapılması, A2 ve A5 ekipmanları için acilen düzeltici faaliyet yapılması, A3, A4 ve A7 ekipmanları için kısa sürede düzeltici faaliyet yapılması ve A6 içinse bir eylem gerekmediği sonucu elde edilmiştir (Çizelge 5.9).

**Çizelge 5.9: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarına Göre Önlemlerin Grafıksel Gösterimi**



OWAS risk değerlendirme sonuçlarına göre eylem durumları; A1 ve A8 ekipmanlarının montajındaki postürler kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler olarak, A2 ve A5 ekipmanları için kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler olarak, A3, A4 ve A7 ekipmanları için kas iskelet sistemine zararlı etkileri olan postürler olarak ve A6 ise zararsız postür olarak bulunmuştur (Çizelge 5.10).

**Çizelge 5.10: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarına Göre Eylem Durumlarının Grafıksel Gösterimi**



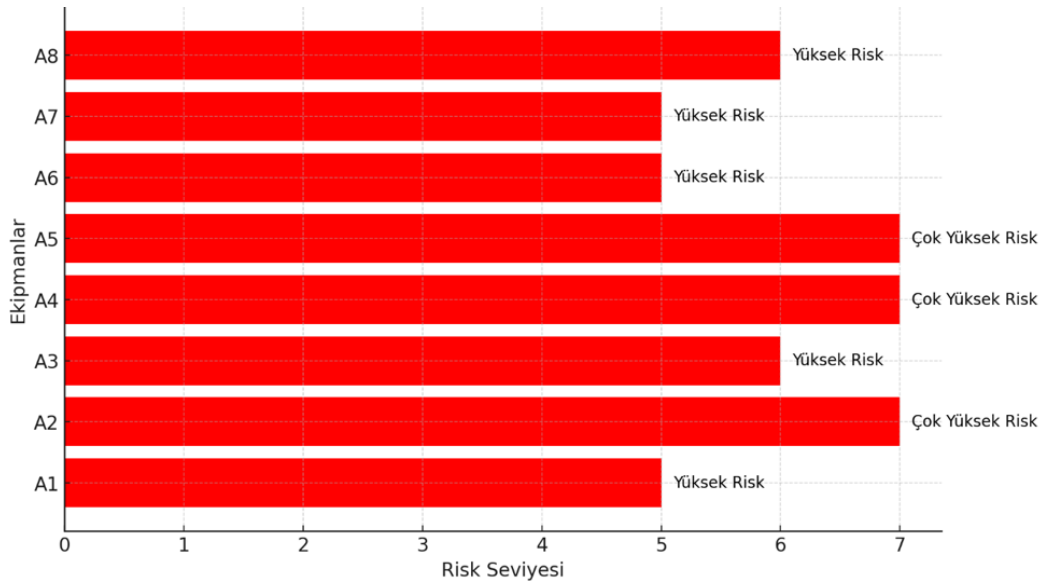
OWAS risk değerlendirmesi sonuçları tablosal olarak ekipman, eylem kodu, tanımlama ve eylem durumunu içerecek şekilde Çizelge 5.11’de verilmiştir.

**Çizelge 5.11: OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarının Tablosal Gösterimi**

Ekipman	Eylem Kodu	Tanımlama	Eylem Durumu
A1	OW2	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.	Kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler
A2	OW 4	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.	Kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler
A3	OW 3	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürdür.
A4	OW 3	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürdür.
A5	OW 4	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.	Kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler
A6	OW 1	Eylem gerekmez	Kas iskelet sistemine zararsız normal postür
A7	OW 3	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürdür.
A8	OW 2	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.	Kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler

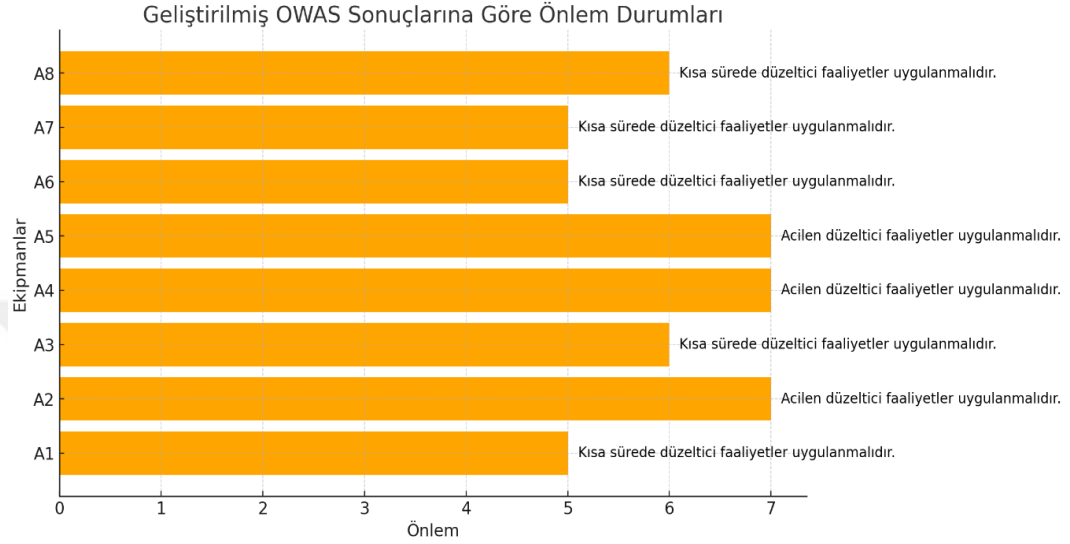
Geliştirilmiş OWAS risk değerlendirme sonuçlarına göre risk seviyeleri A1, A3, A6, A7 ve A8 ekipmanları için yüksek risk, A2, A4 ve A5 ekipmanları için çok yüksek risk olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.12).

**Çizelge 5.12: G-OWAS Risk Seviyeleri**



Geliştirilmiş OWAS risk değerlendirme sonuçlarına göre önleme tedbirleri kapsamında A1, A3, A6, A7 ve A8 ekipmanları için kısa sürede düzeltici faaliyetler yapılması, A2, A4 ve A5 ekipmanları içinse acilen düzeltici faaliyetler uygulanması gerektiği sonucu bulunmuştur (Çizelge 5.13).

**Çizelge 5.13: G-OWAS Sonuçlarına Göre Önlem Durumları**



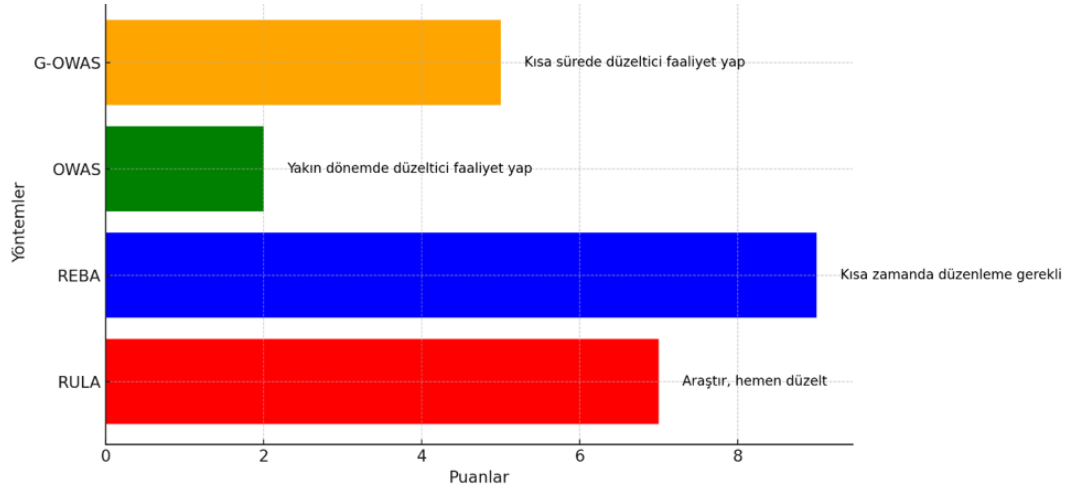
Geliştirilmiş OWAS risk değerlendirmesi sonuçları tablosal olarak ekipman, eylem kodu, tanımlama ve eylem durumunu içerecek şekilde Çizelge 5.14’te verilmiştir.

**Çizelge 5.14: G-OWAS Risk Değerlendirme Sonuçlarının Tablosal Gösterimi**

Ekipman	Risk Puanı	Tanımlama	Önlem
A1	5	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A2	7	Çok Yüksek Risk	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A3	6	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A4	7	Çok Yüksek Risk	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A5	7	Çok Yüksek Risk	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A6	5	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A7	5	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
A8	6	Yüksek Risk	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

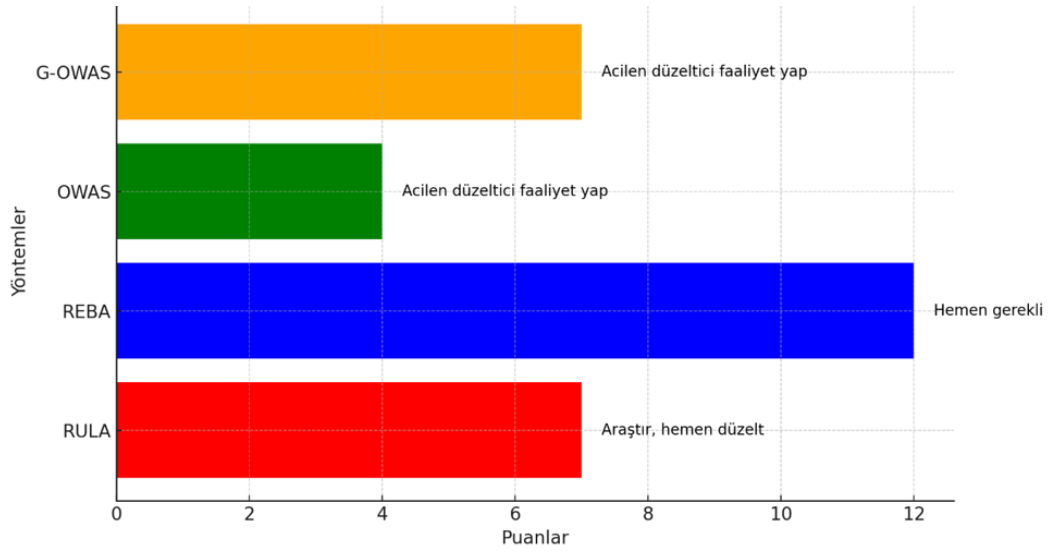
A1 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde yüksek riskli bir faaliyet ve kısa zamanda düzeltilmesi sonucu, OWAS yönteminde orta seviyede riskli faaliyet olduğu ve yakın dönemde düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve kısa sürede düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. G-OWAS yönteminin RULA ve REBA yöntem sonuçlarına uygun olduğu ve OWAS yöntemine göre daha tutarlı sonuç elde edildiği görülmektedir (Çizelge 5.15).

**Çizelge 5.15: A1 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



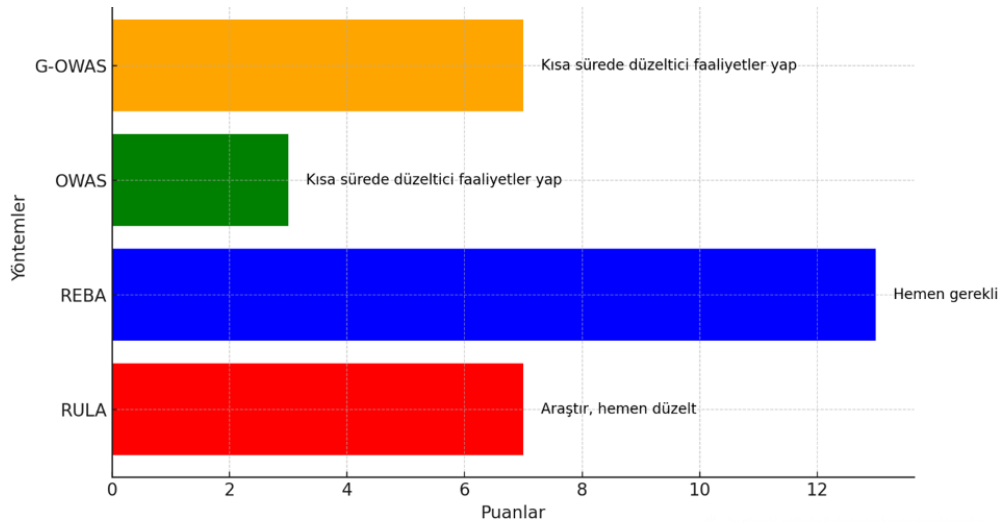
A2 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet ve hemen düzeltilmesi sonucu, OWAS yönteminde çok yüksek seviyede riskli faaliyet olduğu ve acilen düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve acilen düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. Tüm yöntemlerde A2 montaj faaliyetlerinde benzer sonuç bulunmuştur (Çizelge 5.16).

**Çizelge 5.16: A2 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



A3 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet ve hemen düzeltilmesi sonucu, OWAS yönteminde yüksek seviyede riskli faaliyet olduğu ve kısa sürede düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve kısa sürede düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. RULA ve REBA yöntemlerinde çok yüksek risk, OWAS ve G-OWAS yönteminde ise yüksek risk bulunmuştur (Çizelge 5.17).

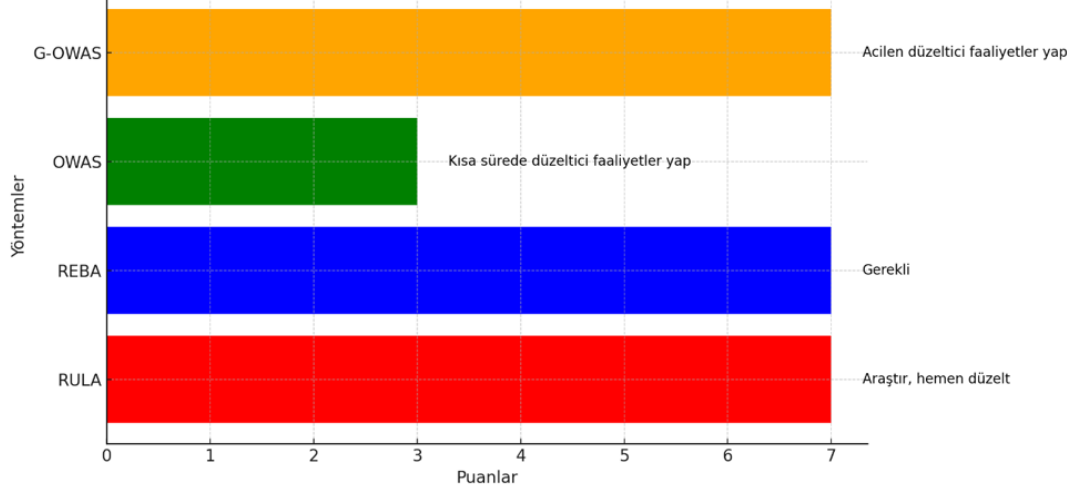
**Çizelge 5.17: A3 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



A4 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde orta

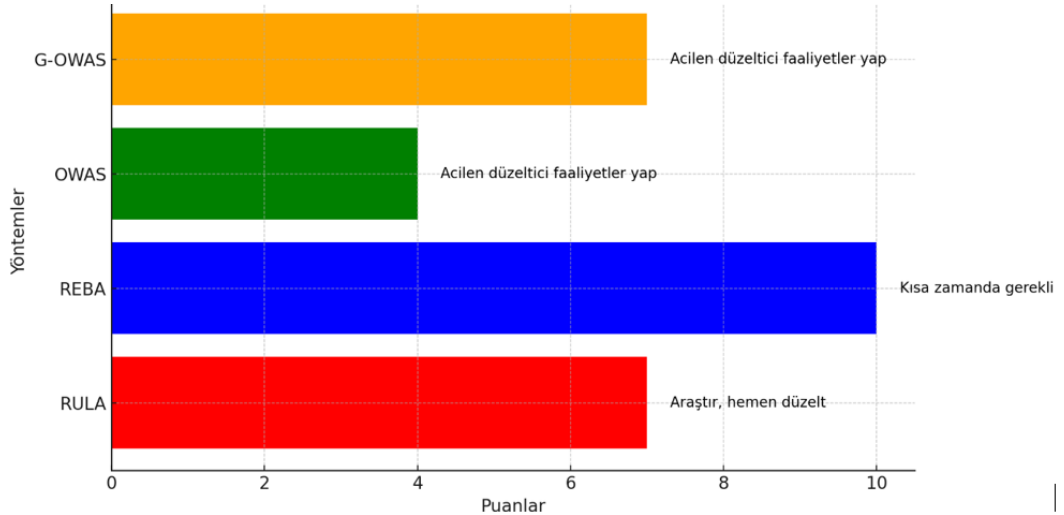
seviye riskli bir faaliyet ve düzeltme gerekli sonucu, OWAS yönteminde yüksek seviyede riskli faaliyet olduğu ve kısa sürede düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve acilen düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. RULA ve G-OWAS ile REBA ve OWAS sonuçlarının benzer olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 5.18).

**Çizelge 5.18: A4 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



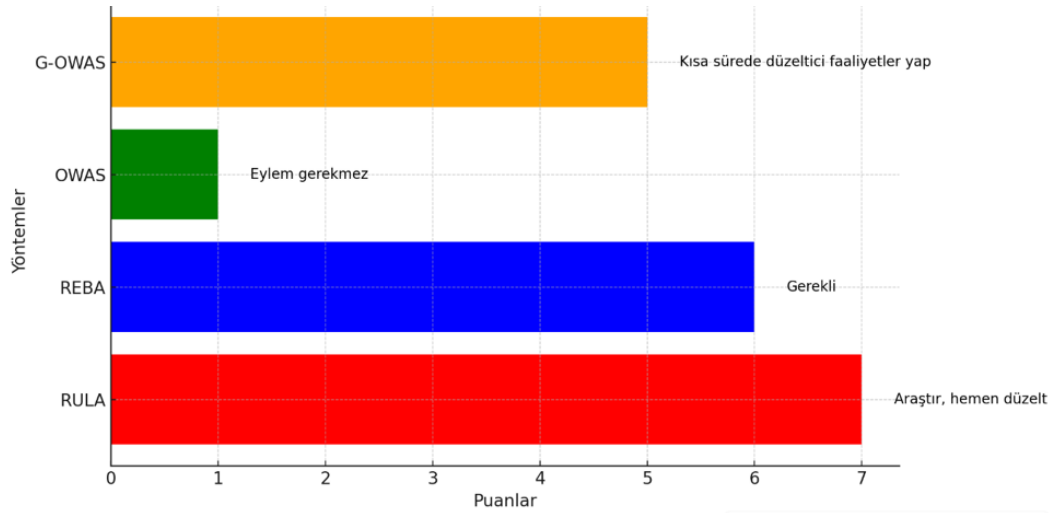
A5 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde yüksek riskli bir faaliyet ve kısa sürede düzeltme gerekli sonucu, OWAS yönteminde çok yüksek seviyede riskli faaliyet olduğu ve acilen düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve acilen düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. Tüm yöntemlerde benzer sonuç bulunmuştur (Çizelge 5.19).

**Çizelge 5.19: A5 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



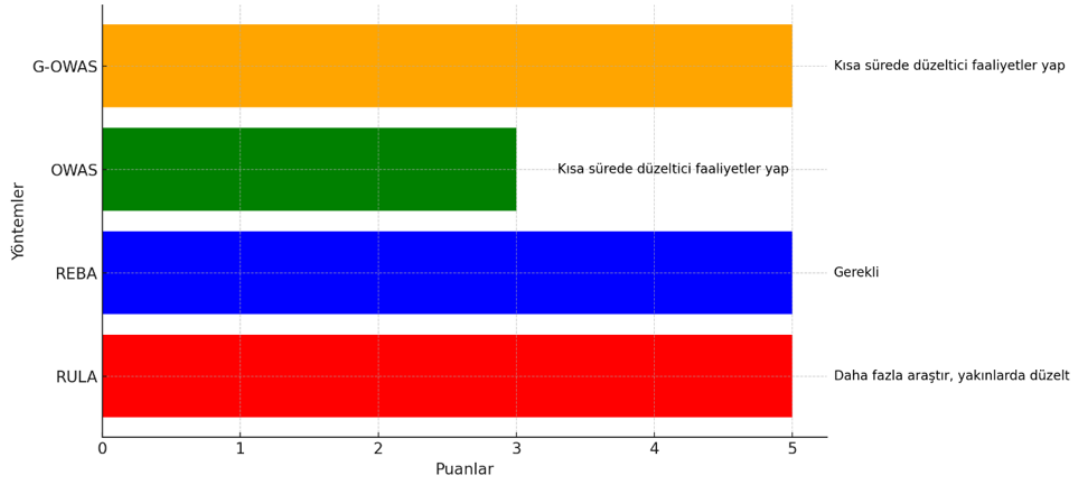
A6 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltilmesi sonucu, REBA yönteminde orta seviyede riskli bir faaliyet ve düzeltme gerekli sonucu, OWAS yönteminde düşük seviyede riskli faaliyet olduğu ve eylem gerektirmediği sonucu, nerilen G-OWAS yönteminde ise yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve kısa süre düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. OWAS yönteminde tehlikesi görülürken diğer yöntemler yüksek ve çok yüksek riskli olarak faaliyet bulunmuştur. Önerilen G-OWAS yöntemi diğer yöntemlerle tutarlı sonuç vermiştir. (izelge 5.20).

**Çizelge 5.20: A6 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



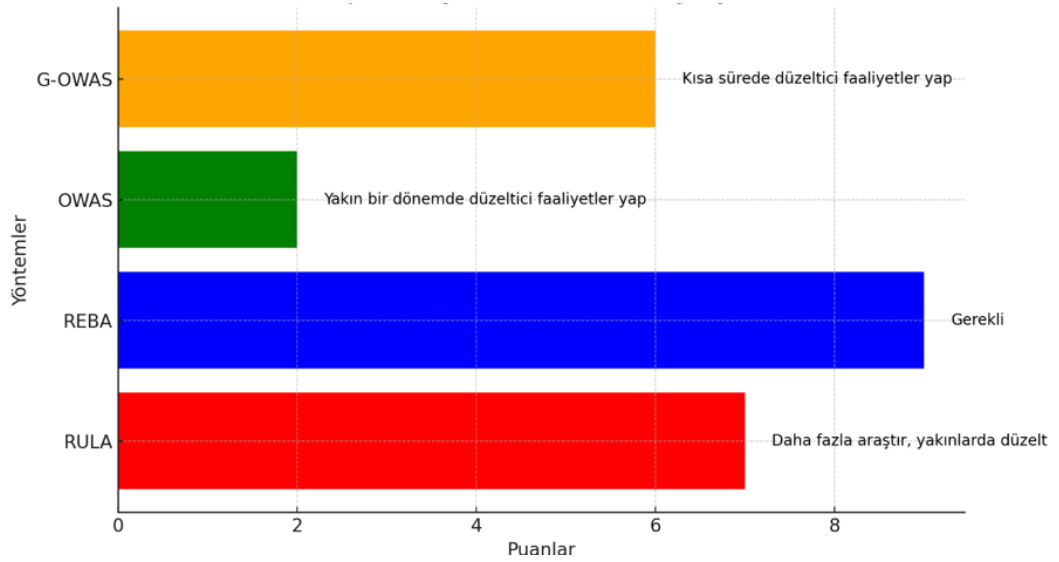
A7 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve daha fazla araştırılıp yakınlarda düzeltilmesi gerekliliği sonucu, REBA yönteminde orta seviyede riskli bir faaliyet ve düzeltme gerekli sonucu, OWAS yönteminde yüksek riskli faaliyet olduğu ve kısa süre düzeltici faaliyet yapılması sonucu, nerilen G-OWAS yönteminde ise yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve kısa süre düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. Önerilen G-OWAS yöntemi diğer yöntemlerle tutarlı sonuç vermiştir. (izelge 5.21).

**Çizelge 5.21: A7 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



A8 ekipmanı için yapılan değerlendirmelerde RULA yönteminde çok yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve araştırılıp hemen düzeltme gerekliliği sonucu, REBA yönteminde orta seviyede riskli bir faaliyet ve düzeltme gerekli sonucu, OWAS yönteminde orta seviyede riskli faaliyet olduğu ve yakın bir dönemde düzeltici faaliyet yapılması sonucu, önerilen G-OWAS yönteminde ise yüksek riskli bir faaliyet olduğu ve kısa süre düzeltici faaliyet yapılması sonucu elde edilmiştir. (Çizelge 5.22). RULA ile G-OWAS benzer sonuç vermiştir.

**Çizelge 5.22: A8 Ekipmanı İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması**



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşe bağlı hastalıklar arasında en yaygın olarak KİSR görülmektedir. Tüm işe bağlı hastalık yeni olguların yarıya yakınıni oluşturmaktadır (Cabeças ve Monte, 2006). Yapılan bir çalışmada 35 ülkedeki çalışma koşulları incelenmiş ve postüre bağlı KİSR, işle ilgili hastalıklarının %15'ini oluştururken kanserden sonra en fazla rahatsızlık yüküne sahiptir. Postür ile ilgili risk faktörleri, görülme sıklığı açısından kimyasal riskler, biyolojik riskler ve diğer ortam faktörleriyle karşılaştırıldığında tüm ülkelerde en çok görülen unsurdur. Çalışanların, %61'inde tekrarlayan el-kol hareketleri, %43'ünde ağırlı ve yorucu postürler ve %32'sinde yüklerin elleçlemesi etkenlerine maruziyet vardır (Gawde,2018). KİSR bireylerin yaşam kalitesini düşürebilir ve iş gücü kaybına neden olabilirler. İskele kurulum faaliyetleri sırasında psikososyal ve fiziksel risklere maruziyete bağlı olarak gelişen ağrılar, hareket sınırlamaları ve sakatlanmalarla seyredabilen KİSR önemli bir sağlık sorunudur. KİSR problemleri birinci basamak sağlık hizmetlerine başvuran hastaların %10-20'sini oluşturmaktadır (Ladou ve Harrison, 2014). Rafineri inşaatında iskele çalışanların %34,4'ünde KİSR örülmüştür. Kaslar, tendonlar, ligamentler, eklemler, sinirler ve kemiklerde ağrı, şişlik ve hareket kısıtlılığına neden olan bir dizi durumu ifade eder. KİSR oluşumuna yenilenen ve zorlamalı hareketler, kötü postürlerde çalışma ve ergonomik yetersizlikler etken faktörlerdir (Schneider ve Irastorza,2010).

Ergonomi yaklaşımı, insanların bilişsel veya psikolojik taleplerini ve işin gerçekleştiği psikososyal ortamı dikkate alır. İş ve iş yeri koşullarına verilen psikolojik tepki, zihinsel, fizyolojik ve kas-iskelet sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İş yerindeki psikososyal faktörler, işin tasarımı, organizasyonu ve yönetimi, iş içeriği, işin karmaşıklığı, iş talepleri, iş içeriği ve genel sosyal ortam gibi unsurları içerir. Ergonomik risk değerlendirmesi; riskin tanımlanması, risk analizi ve risk değerlendirmesinin genel sürecidir ve sonuçları nihayetinde riski azaltma çabasında kullanılır. Elleçlemenin kaçınılmaz olduğu durumlarda, hangi ölçüde değişikliklerin önerildiğini belirlemek için bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

İskele çalışanlarda KİSR yaygın olarak görüldüğü rafinerideki revir kayıtlarından anlaşıldığından kök sebeplerin ortaya çıkarılması için ergonomik risk değerlendirmesi yapılması önemlidir. İskelenin farklı sekiz ekipmanın değerlendirmesinde iyileştirilmelerin yapılması gerekliliği görülmüştür.

RULA yöntemine göre A7 ekipmanı montajı hariç diğer yedi ekipmanın montaj faaliyetleri çok yüksek riskli bulunurken, REBA yöntemine göre ise A2 ve A3 ekipmanının montaj faaliyetleri çok yüksek riskli, A1 ve A5 ekipmanın faaliyetleri yüksek riskli diğer ekipmanların ki ise orta riskli olarak elde edilmiştir. OWAS analizinde A6 için düşük risk, A1 ve A5 için orta risk, A3, A4, A7, ve A8 için yüksek risk, A2 ve A5 çok yüksek riskli sonuçlar gözlemlenirken önerdiğimiz G-OWAS yöntemine göre ise A2, A4, A5 çok yüksek riskli faaliyet diğerleri ise yüksek riskli faaliyet olarak ortaya konmuştur (Çizelge 6.1).

**Çizelge 6.1: Yöntemlerin Ekipman Bazlı Risk Seviyelerinin Karşılaştırılması**

Yöntem	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
RULA	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
REBA	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Orta
OWAS	Orta	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
G-OWAS	Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

G-OWAS yönteminin özellikle RULA ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. A1 ekipmanı için REBA ile, A2 ekipmanı için her üç yöntemle, A3 ekipmanı için OWAS ile, A4 ekipmanı için RULA ile, A5 ekipmanı için RULA ve OWAS ile, A5 ekipmanı için RULA ve OWAS ile, A7 ekipmanı için RULA ve OWAS ile ve A8 ekipmanı için OWAS ile benzer sonuçlar G-OWAS ile elde edilmiştir. Önerilen yöntem tutarlı olduğundan diğer sektörlerde de kullanılabilir.

RULA, REBA, OWAS ve G-OWAS yöntemlerin hepsinde postür, yük göz önünde bulundurulurken eğitim gereksinimi orta seviyededir. RULA, REBA ve G-OWAS yöntemlerinde frekansta değerlendirmeye alınmaktadır. Bu yöntemlerde süre ve titreşim göz önünde bulundurulmamaktadır (Çizelge 6.2).

**Çizelge 6.2: Yöntemlerin Uygulanabilirlik Karşılaştırması**

Yöntem	Postür	Yük/ Kuvvet	Frekans	Süre	Titreşim	Analiz zamanı	Eğitim gereksinimi
RULA	+	+	+	-	-	Düşük	Orta
REBA	+	+	+	-	-	Düşük	Orta
OWAS	+	+	-	-	-	Yüksek	Orta
G- OWAS	+	+	+	-	-	Yüksek	Orta

**Kaynak:** Özel ve Çetik (2010), Yöntemlerin Karşılaştırılması

Elle taşıma işiyle uğraşan çalışanlara bu görevleri güvenli bir şekilde nasıl yapacakları konusunda yeterli bilgi ve eğitim verilmelidir. Bu bilgi ve eğitimin sağlanması, tek başına, her durumda güvenli elle taşıma işlemlerini garanti etmez. Ancak, ergonomi yaklaşımının ayrılmaz bir parçasıdır ve güvenli elle taşıma yöntemlerinin benimsenmesiyle yaralanma riski azaltılabilir.

İskele ekipmanları ile vücut arasındaki mesafe arttıkça sırt üzerindeki stres seviyeleri önemli ölçüde artar. Bu nedenle, görevlerin planlanmasında uzun mesafelere uzanma, dönme, eğilme, bükülme ve garip hareketler veya duruşlardan kaçınmak önemlidir. İskele ekipmanlarına güvenli ve yakın bir şekilde ulaşabilmek, iyi duruş tasarımının merkezinde yer alır. Bu duruşu engelleyen engeller genellikle önlenemez. İskele ekipmanlarını kavramak, taşıma ile ilgili kazalardan kaçınmak için gereklidir ve genellikle nesnenin özellikleri tarafından belirlenir.

Çalışma alanı, elle yapılan çabayı en aza indirecek şekilde tasarlanmalıdır; böylece bükülme, eğilme, uzanma ve taşıma ihtiyacı azaltılabilir. Hem sık kullanılan hem de nadiren taşınan nesnelerin taşınması gereken mesafe, nesnelerin transfer edilebileceği yüksekliklerle birlikte dikkate alınmalıdır. Geçitler ve diğer çalışma alanları, yeterli manevra alanı sağlamak için yeterince büyük olmalıdır. Yeterli alan, uygun çalışma duruşlarında işi verimli bir şekilde gerçekleştirmek için bir ön koşuldur. Ayrıca, uygun mekanik cihazların kullanımı genellikle elle kaldırmadan daha fazla alan gerektirir.

İskele ekipmanlarını taşıyan çalışanlar, ekipmanlar tarafından engellenmeyen, net bir görüş açısına sahip olmalıdır. Zemin veya yer yüzeyleri düz, iyi bakımlı, kaygan olmayan ve potansiyel kayma veya takılma kazalarını önlemek için engellerden arındırılmış olmalıdır. Atık ve çöp malzemeler iskele ekibinin çalışma alanında istiflenmemelidir. Malzeme yönetimi ve güvenli çalışma yöntemleri daha önceden tanımlanmalıdır.

Sabit duruşlarda yapılan iş miktarı da önemli bir husustur. İskele malzemelerinin taşınma sıklığı, yaralanma riskini etkileyebilir. İş yükünü kontrol edemeyen veya değiştiremeyen iskele ekibi için özel dikkat gereklidir. Bu nedenle, dinlenme fırsatlarının (molalar, ara dinlenmeler) veya iyileşme fırsatlarının (farklı kas gruplarını kullanan başka bir göreve geçiş gibi) yeterli olup olmadığına dikkat edilmelidir. İş zenginleştirme, iş genişletme ve iş rotasyonu, potansiyel yorgunluğu önlemede ve güvenli iskele montajını sürdürmede önemli bir role sahiptir, ancak bu sorun bireysel yorgunluğa yakınlıkta büyük farklılıklar göstermesi nedeniyle karmaşıktır.

İki veya daha fazla kişi tarafından yapılan elleçleme, bir kişinin kapasitesini aşan bir işlemi mümkün kılabilir veya yaralanma riskini tek bir kişi için azaltabilir. Bir ekibin güvenle taşıyabileceği iskele ekipmanlarının kütlesi, ekip üyelerinin bireysel olarak başa çıkabileceği kütlelerin toplamından daha azdır. Ek zorluklar, ekip üyelerinin birbirlerinin görüşünü veya hareketini engellemesi ve nesnenin yeterli tutma yerleri sunmaması durumunda ortaya çıkabilir.

Fiziksel ve çevresel risk etmenleri (aydınlatma, gürültü, termal konfor, çevre temizliği, iklimsel koşullar vb.) KİSR azaltacak şekilde standartlara uygun olarak belirlenmelidir. Özellikle Rusya'daki kış şartları aşırı soğuk ortamlarına göre iskele kurulum ve söküm faaliyetleri hassasiyetle planlanmalı ve prosedürler önceden belirlenmelidir. Çalışanların ne yaptıklarını net bir şekilde görebilmeleri ve kötü çalışma duruşlarını önlemek için yeterli ışık olması önemlidir. Yüksek gürültü seviyeleri dikkatin azalmasına yol açabilir. Dış mekân çalışmalarında, değişen hava koşullarının etkileri dikkate alınmalıdır.

İyi bir teknik, kişinin dengede olduğu, görev boyunca tam kontrol sağladığı ve mümkün olan en az çabayla, kesintisiz bir hareketi başarmak için minimum çaba harcadığı tekniktir. İskele ekipmanları kaldırılırken veya taşınırken, mümkün olduğunca vücuda yakın tutulmalı ve her iki el de kullanılmalıdır. Çaba uygulanırken, sarsıntılı veya bükülme hareketlerinden ve eğik duruşlardan kaçınılmalıdır.

Çalışma sisteminin güvenliğine bir tamamlayıcı olarak, etkili eğitim, iskele faaliyetlerinde KİSR önlemede ve azaltmada önemli bir rol oynar. Etkili olabilmesi için, eğitimin iş ile ilgili olması ve düzenli aralıklarla pekiştirilmesi gerekmektedir. İskele grubunun eğitimleri şunları içerebilir:

- Elleçleme işlemlerin nasıl yapılabileceği ve elleçlemede ergonomi ilkeleri
- Kişisel koruyucu donanım kullanımı
- Taşıma yardımcılarının kullanımı
- Doğru ve uygun postürler
- Çalışma ortamı düzeni ve temizliği
- Pratik eğitim unsurları da dahil olmak üzere güvenli taşıma teknikleri.
- Görev, iskele ekipmanları ve çalışma ortamı tasarımında ve kullanımında ergonomik prensipler
- Vücut mekaniği ve uygun kaldırma teknikleri ile sırt kaslarını esnetmek ve güçlendirmek için egzersizler

Projede iskele grubu için aşağıdaki verilen iyileştirmeler yapılmıştır:

- Sahada iskele ekipmanları elle taşıma yerine iskele kurulacak alana en yakın yere traktörle ve el arabalarıyla taşındı.
- Cephe iskelesi kurulumunda iskele malzemeleri yükseğe elden ele uzatılması yerine mümkün olan yerlerde çalışma platformu üzerine vinçle bırakıldı. Vinç kullanımı olmayan yerlerde ise makara sistemleri ile iskele ekipmanları yüksek alanlara kaldırıldı.
- İskele kurulum alanlarında ekiplerin rahatlıkla çalışabilmesi için malzeme ve temizlik yönetimleri uygulanarak kontrolleri yapıldı. Çalışma ortamındaki işçilerin hareketlerini kısıtlayan engeller kaldırıldı.
- Çalışanlara ergonomi eğitimleri verildi. Özellikle işe yeni başlayan işçilerin sahaya girmeden önce aldıkları oryantasyon ve uygulamalı eğitimlerde postürler gözlemlenerek uyarılarda bulunuldu.
- İskele çalışanlarına işbaşı yapmadan önce verilen toolbox eğitimlerinde doğru postürler ve elleçleme yöntemleri sürekli anlatıldı.
- İskele malzemeleri mümkün olduğunca bel hizasına yakın yerleştirildi. Bel hizasının altında veya üstünde yerleştirilmesi gereken malzemeler hafif ve kolay kavranabilir şekilde düzenlendi.

- İşçilere, yük ile giysi arasındaki sürtünme yoluyla ağırlığı destekleyen uygun giysiler sağlandı.
- Kavramayı kolaylaştıran KKD'ler verildi
- Rotasyonel çalışma ve sık dinlenme molaları için iş organizasyonu iyileştirildi.
- Temizlik ve atık yönetim planları ve prosedürleri gözden geçirildi.
- İşçilerin sağlık izleme aralıkları artırıldı. İskele ekibi üyeleri arasındaki kas-iskelet sistemi hastalıkları yakından izlenmeye başlandı.
- Gece çalışması için yeterli aydınlatma sağlandı.
- İşçilerin işe başlamadan önce fiziksel egzersiz yapmaları sağlandı.
- Çalışma ortamındaki stresi azaltmak için prosedürler geliştirildi.
- Elle taşıma görevleri, yaş, fiziksel yetenek ve sağlık durumu gibi kriterlere göre işçilere verildi.
- Geçmişte fitik problemi yaşamış gibi hassas gruplar, ağır manuel taşıma görevlerine verilmedi.
- İş organizasyonları ve İş Güvenliği Analizleri (JSA), işçilerin becerilerine göre yapıldı.
- İş organizasyonu ile ilgili karar alma süreçlerine işçilerin katılımı sağlandı.
- Tek bir kişinin yapamayacağı manuel taşıma görevlerine birden fazla işçi atandı.

Yapılan iyileştirmelerden sonra rafineri inşaat sahasındaki işçilerin duruşlarında belirgin iyileşmeler gözlemlendi. Aynı üç aylık dönem için sağlık raporları yeniden gözden geçirildi (Çizelge 6.3).

**Çizelge 6.3: İyileştirme Sonucu Revir Kayıtları**

Yaş grubu	Çalışan Sayısı	KİSR Olan Çalışanlar	İşe Devamsızlık (Gün olarak)
18-25	125	8	13
26-35	112	9	15
36-45	136	14	28
46+	127	19	33
<b>Toplam</b>	<b>500</b>	<b>50</b>	<b>89</b>

**Kaynak:** Amur Gaz İşleme Tesisi (2023), Rafineri inşaatı.

İyileştirmeler sonrasında iskele işçilerindeki KİSR'ında; 18-25 yaş grubunda %46,6'lık, 26-35 yaş grubunda %30,7'lik, 36-45 yaş grubunda %41,6'lık ve 46 yaş üzerinde %38,7'lik azalma gözlemlenmiştir. İşe devamsızlıkta ise %48,2'lik azalma olmuştur. Çalışanların sağlıksal sorunlarında ve yakınmalarında ciddi azalma elde edilmiştir. Böylece prosesin ilerleyişinde azalma olarak süre ve maddi kazançta elde edilmiştir. İskele işçilerinin günlük mesai olmadan ücretleri 80 dolar olduğundan aylık yaklaşık 180000 dolarlık kazançta sağlanmıştır.

Ayrıca iskele çalışanlarının karşılaştıkları KİSR ve önemi bu tezimiz referans alınarak, akademik makale de (Erdoğan, Yağımlı ve Tozan,2024), akademik bir kitapta (Erdoğan, Yağımlı ve Tozan,2024) ve II. Uluslararası XI. Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi'nde (Erdoğan, Yağımlı ve Tozan,2024) gösterilmiştir.

Rafineri inşaatı gibi büyük projelerde iskele kurma ve sökme faaliyetleri diğer süreçlerin devam etmesi için gereklidir. Bu çalışmamızda rafineri inşaatındaki iskele faaliyetleri için ergonomik risk değerlendirmelerinin önemi ve gerekliliği vurgulanmıştır. İskele görevlerinin yüksek ergonomik risklere yatkın olduğu, özellikle doğru olmayan postürler, tekrarlayan hareketler ve aşırı kuvvet uygulaması nedeniyle düzenleyici ve önleyici tedbirlerin alınması gereklidir.

## KAYNAKLAR

- Adams, R., & Nino, V.** (2024). "Work-Related Psychosocial Factors and Their Effects on Mental Workload Perception and Body Postures", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, no. 7, p. 876. DOI: 10.3390/ijerph21070876.
- Akpınar, T., Çakmakkaya, B. Y. ve Batur, N.** (2018). Ofis çalışanlarının sağlığının korunmasında çözüm önerisi olarak ergonomi bilimi, *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 76-98.
- Anggraini, W., Ranggaini, D., Ariyani, A. P., & Sulistyowati, I.** (2024). "World Trends in Dental Ergonomics Research: A Bibliometric Analysis", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, no. 4, p. 493. DOI: 10.3390/ijerph21040493.
- Arnold, C. M.** (2022). "The Impact of Visual Feedback and Control Configuration on Pilot-Aircraft Interface using Head Tracking Technology", *Scholar AFIT*.
- Asadi, H., Yu, D., & Mott, J. H.** (2019), Risk factors for musculoskeletal injuries in airline maintenance, repair & overhaul. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.008>.
- Attwood D., Deeb J., Danz-Reece M.** (2004). *Ergonomic Solutions for the Process Industries*, Elsevier.
- Bačić, M., Landekić, M., Pandur, Z., Šušnjar, M., Šporčić, M., Nevečerel, H., & Lepoglavec, K.** (2024). Forestry Ergonomics Publications in the Last Decade: A Review. *Forests*, 15(616). DOI: 10.3390/f15040616.
- Barros, R. Q., Marçal, M. A., & Soares, M. M.** (2015). Ergonomic Analysis of the Job of Assembly and Maintenance in an Electronic Equipment Company. *Procedia Manufacturing*, 3, 6542-6549. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.953.
- Blake, A. M., & Moseley, J. L.** (2010). "One Hundred Years after The Principles of Scientific Management: Frederick Taylor's Life and Impact on the Field of Human Performance Technology", *Performance Improvement*, vol. 49, no. 4, pp. 27-34. DOI: 10.1002/pfi.20141.
- Bentley, S. V., Peters, K., Haslam, S. A., & Greenaway, K. H.** (2019). "Construction at Work: Multiple Identities Scaffold Professional Identity Development in Academia," *Frontiers in Psychology*
- Berkeley COEH.** (2012). "A New Way to Solve Old Problems: The History of Ergonomics", Center for Occupational and Environmental Health.
- Bertucco, M., Cesari, P., Latash, M.L.** (2013). "Current Theoretical Developments and Applications of Fitts' Law: A Literature Review", SpringerLink.

- Blandino, G.** (2023), How to Measure Stress in Smart and Intelligent Manufacturing Systems: A Systematic Review. *Systems*, 11(167). DOI: 10.3390/systems11040167.
- Bligård, L.O., & Berlin, C.** (2019). "6Ws in the Ergonomics Review of Macro and Micro Workplace Design", SpringerLink.
- Buckle P.** (2005). Ergonomics and musculoskeletal disorders: overview , *Occupational Medicine*, Volume 55, Issue 3, Pages 164–167.
- Boriboonsuksri, P., Taptagaporn, S., & Kaewdok, T.** (2022). "Ergonomic Task Analysis for Prioritization of Work-Related Musculoskeletal Disorders among Mango-Harvesting Farmers", *Safety*, vol. 8, no. 1, p. 6. DOI: 10.3390/safety8010006.
- Brandl, C., Mertens, A., & Schlick, C. M.** (2017). Ergonomic analysis of working postures using OWAS in semi-trailer assembly, applying an individual sampling strategy. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), 110-117. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1191224>.
- Broberg, O.** (1997). "Integrating ergonomics into the product development process", *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 19, no. 4, pp. 317-327. DOI: 10.1016/S0169-8141(96)00041-8.
- BS ISO 11228-1** (2021). Ergonomics - Manual handling, Part 1: Lifting, lowering and carrying.
- Cabeças, J. M., Monte, C. (2006). Occupational Musculoskeletal Disorders in Europe: Impact, Risk factors and Preventive regulations. *Enterprise and Work Innovation Studies*, 2(2), 95-104.
- Calzavara, M., Glock, C. H., Grosse, E. H., & Sgarbossa, F.** (2018). An integrated storage assignment method for manual order picking warehouses considering cost, workload and posture. *International Journal of Production Research*, 56(6), 2392-2408. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1518609>.
- Canadian centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)**, Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). Erişim: 10 Temmuz 2024, <https://www.ccohs.ca/oshanswers/diseases/rmirsi.html>.
- Carayon P, Smith MJ.** (2000). Work organization and ergonomics. *Applied Ergonomics* 31(6): 649–662.
- Carvalho CCS., Souza CD., Tinoco IDF., Santos LV., Minette LJ., da Silva EP.,** (2015). Activities and ergonomics of workers in broiler hatcheries, *Brazilian journal of poultry science* 17, 123-136. doi: 10.1590/1516-635x1702123-136.
- Celso Coelho dos R., Fernanda Caroline Nascimento de S., Michaelly Gomes de O., José Carlos Alves R.& Victor da Silva A.** (2023). Análise ergonômica: uma revisão bibliográfica atualizada das principais ferramentas e suas principais características. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 16(10), 23039-23054. DOI: 10.55905/revconv.16n.10-256.

- Chim, J.M.Y., Ng, P., & Tai, S.** (2009). "Finding ergonomic solutions— participatory approaches", Oxford Academic.
- Colim, A., Cardoso, A., Arezes, P., Braga, A. C., Peixoto, A. C., Peixoto, V., Wolbert, F., Costa, N., & Sousa, N.** (2021) "Digitalization of Musculoskeletal Risk Assessment in a Robotic-Assisted Assembly Workstation", *Safety*, vol. 7, no. 4, p. 74. DOI: 10.3390/safety7040074.
- Colovic, G.** (2014). *Ergonomics in the garment industry* (1st ed.). Yeni Delhi: Woodhead Publishing Limited.
- Çakıt, E., & Karwowski, W.** (2024). "Soft computing applications in the field of human factors and ergonomics: A review of the past decade of research", *Applied Ergonomics*, vol. 114, p. 104132. DOI: 10.1016/j.apergo.2023.104132.
- Çakmak, A., Tekbaş, Ö.F., Güler, Ç.** (2004) İşle İlgili Kas iskelet sistemi Hastalıkları ve Birikimsel Zedelenmelerin Önlenmesi, Güler, Ç. (ed.). Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İçin, s.227-253, Ankara, Palme yayıncılık.
- Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği** (2008). Resmî Gazete Sayısı: 27021.
- Çelebi, S.** (2021). *Tekstil Sektöründe Çalışan İşçilerin Ergonomik Riskleri ile Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi*, ÇSGB uzmanlık tezi.
- David C.G.** (2005). *Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work Related Musculoskeletal Disorders*, *Occupational Medicine*, 55; 190-199.
- Dockrell, S., O'Grady, E., Bennett, K., Mullarkey, C., McConnell, R., Ruddy, R., Twomey, S., & Flannery, C.** (2012). "An investigation of the reliability of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) as a method of assessment of children's computing posture", *Applied Ergonomics*, vol. 43, no. 3, pp. 632-636. DOI: 10.1016/j.apergo.2011.09.012.
- Dianat, I., Molenbroek, J., & Castellucci, H. I.** (2018). "A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design", *Ergonomics*, vol. 61, no. 12, pp. 1696-1720. DOI: 10.1080/00140139.2018.1502817.
- Domingo, J. R. T., De Pano, M. T. S., Ecat, D. A. G., Sanchez, N. A. D. G., & Custodio, B. P.** (2015), Risk Assessment on Filipino Construction Workers. *Procedia Manufacturing*, 3, 1854-1860. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.226>.
- Dul J., Neumann P. W.** (2009). Ergonomics contributions to company strategies, *Applied Ergonomics* Volume 40, Issue 4 , Pages 745-752.
- Engels, J. A., Landeweerd, J. A., & Kant, Y.** (2017). An OWAS-based analysis of nurses' working postures. *Ergonomics*, 37(5), 909-919. <https://doi.org/10.1080/00140139408963700>.
- Ergin, A. Y.** (2020) Büro çalışanları açısından ergonomi biliminin önemi ve farkındalık düzeyi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.

- Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2024). Analysis of working postures in scaffold activities using OWAS method: A case study at Amur gas processing plant. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(5), 12529-12538, [https://kuey.net/ doi:10.53555/kuey.v30i5.5173](https://kuey.net/doi:10.53555/kuey.v30i5.5173)
- Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2024). İskele faaliyetlerinin ergonomik risk değerlendirme yöntemi NIOSH ile incelenmesi: Rafineri inşaatı örneği. In İ. Aslan (Ed.), *İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Kitabı II* (pp.591). Nobel Bilimsel Eserler.
- Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2023). Analysis of scaffold activities using the ergonomic risk assessment method RULA (Rapid Upper Limb Assessment): A case study on refinery construction. II. Uluslararası XI. Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi (Conference presentation). Adana, Türkiye.
- Erdoğan H.** (2018). Bir Belediyedeki Çöp Konteynerlerinin Boşaltılması İşleminin OWAS ve REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi Kullanarak Analiz, Yüksek Lisans Tezi.
- Ergo-Plus** (2024), Alındığı tarih: 13.07.2024, Adres: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>.
- Erkan, N.** (2001). *Ergonomi* (6. Basım). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Fan, C., Mei, Q., & Li, X.** (2024). "3D pose estimation dataset and deep learning-based ergonomic risk assessment in construction", *Automation in Construction*, vol. 144, p. 104616. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104616.
- Figlali N., Cihan A., Esen H., Figlali A., Cescmeci D., Gullu MK., Yilmaz MK.,** (2015). Image processing-aided working posture analysis: I-OWAS, *Computers & industrial engineering* 85, 384-394. doi: 10.1016/j.cie.2015.03.011.
- Gajšek, B., Draghici, A., Boatca, M. E., Gaureanu, A., & Robescu, D.** (2022). "Linking the Use of Ergonomics Methods to Workplace Social Sustainability: The Ovako Working Posture Assessment System and Rapid Entire Body Assessment Method", *Sustainability*, vol. 14, no. 7, p. 4301. DOI: 10.3390/su14074301.
- Gallagher S.** (2006). Working in Unusual or Restricted Postures, Marras, W.S., Karowski, W. (Ed.). *Interventions, Controls, and Applications in Occupational Ergonomics the Occupational Ergonomics Handbook* (s43.1-43.16).
- Gainer, R. D.** (2008). *Work 31 History of Ergonomics and Occupational Therapy*. IOS Press. Köksüz, A. 2019, *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*. 3-25.
- Gawde, N. C.** (2018). Study of Musculoskeletal Pain among Hotel Employees, India, *Journal of Ecophysiology and Occupational Health*, 18 (1/2), 44- 51.
- Ghasemi, F. & Mahdavi, N.** (2020). A new scoring system for the Rapid Entire Body Assessment (REBA) based on fuzzy sets and Bayesian networks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 80, 103058. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103058>.

- González-Alonso, J., Simón-Martínez, C., Antón-Rodríguez, M., González-Ortega, D., Díaz-Pernas, F. J., & Martínez-Zarzuela, M.** (2023). "Development of an end-to-end hardware and software pipeline for affordable and feasible ergonomics assessment in the automotive industry", *Safety Science*, vol. 154, p. 105790. DOI: 10.1016/j.ssci.2023.105790.
- Guimaraes, B., Martins, L.B., Junior, B.B.** (2015). "Workplace Design and Ergonomic Analysis for Workers with Disabilities", SpringerLink.
- Gumasing, M. J., Prasetyo, Y. T., Ong, A. K. S., Carcellar, M. R. I. M., Aliado, J. B. J., Nadlifatin, R., & Parada, S. E.** (2022). "Ergonomic Design of Apron Bus with Consideration for Passengers with Mobility Constraints", *Safety*, vol. 8, no. 3, p. 81. DOI: 10.3390/safety8030081.
- Güven R., Berk M., Önal B.** (2011). *Meslek Hastalıkları Rehberi*, 299- 479, Mtsa Basımevi, Ankara.
- Hanson, M.A., & Nadadur, G.** (2013). "Ergonomics Role in Sustainable Development: A Review Article for Updates the Recent Knowledge", SpringerLink.
- Hasanain, B.** (2024). "The Role of Ergonomic and Human Factors in Sustainable Manufacturing: A Review", *Machines*, vol. 12, no. 3, p. 159. DOI: 10.3390/machines12030159.
- Herzog, N. V., Beharic, R. V., Beharic, A., & Buchmeister, B.,** (2015). Ergonomic analysis and simulation in department of ophthalmology, *Procedia Manufacturing*, 3, 128-135.
- Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., & Callejón-Ferre, Á.-J.** (2020). "An Overview of REBA Method Applications in the World", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 8, p. 2635. DOI: 10.3390/ijerph17082635.
- Hola, A., Sawicki, M. & Szóstak, M.** (2018). "Methodology of Classifying the Causes of Occupational Accidents Involving Construction Scaffolding Using Pareto-Lorenz Analysis", *Applied Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 48.
- Jastrzebowski, W. B.** (2012). "The roots of Ergonomics: 'Wojciech Jastrzębowski – An Outline Of Ergonomics, Or The Science Of Work based upon the truth drawn from the Science of Nature'", *The Journal of Science of Labour*, vol. 88, no. 6, pp. 189-219.
- Jacquier-Bret, J., & Gorce, P.** (2024). "Work-Related Musculoskeletal Disorders Risk Assessment during Manual Lymphatic Drainage with Compressive Bands among Physiotherapists", *Healthcare*, vol. 12, no. 1, p. 118. DOI: 10.3390/healthcare12010118.
- Jones, R.** (2017). "What Makes a Disease ‘Occupational?’", *Annals of Work Exposures and Health*, vol. 61.
- Jorgensen, M. J., Martinez, A., & Hakansson, N. A.** (2024). "Comparison of multi-task ergonomic assessment methods for risk of upper extremity and low back musculoskeletal disorders", *Applied Ergonomics*, vol. 119, p. 104313. DOI: 10.1016/j.apergo.2024.104313.

- Joshi, M., & Deshpande, V.** (2022). An investigative sensitivity study of Ovako working posture analyzing system (OWAS). *Ergonomics*, 65(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2022.2036859>.
- Joshi, M., & Deshpande, V.** (2021), "Identification of indifferent posture zones in RULA by sensitivity analysis", *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 83, p. 103123. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103123.
- Joshi, M., & Deshpande, V.** (2020), Investigative study and sensitivity analysis of Rapid Entire Body Assessment (REBA). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 79, 103004. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103004>.
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği.** (2012), Resmî Gazete Sayısı: 28512.
- İSGGM, "Cephe İskelelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği"**, Alındığı tarih: 07.08.2024.
- İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.** (2013), Resmî Gazete Sayısı: 28628.
- Kanan, M., Dilshad, A. R., Zahoor, S., Hussain, A., Habib, M. S., Mehmood, A., Abusaq, Z., Hamdan, A., & Asad, J.** (2023). "An Empirical Study of the Implementation of an Integrated Ergo-Green-Lean Framework: A Case Study", *Sustainability*, vol. 15, no. 13, p. 10138. DOI: 10.3390/su151310138.
- Karhu O., Kansi P., Kuorinka I.** (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics* 8, 199-201. doi: 10.1016/0003-6870(77)90164-8.
- Keyserling, W. M.** (2017). "Occupational Ergonomics: Promoting Safety and Health Through Work Design", in B. S. Levy (ed.), *Occupational and Environmental Health* (7th edn.), pp. 177-192. DOI: 10.1093/oso/9780190662677.003.0009.
- Kee, D.** (2022). "Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA Based on a Literature Review", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 1, p. 595. DOI: 10.3390/ijerph19010595.
- Khattak SA.** (2021). Role of ergonomics in re-designing job design in call centres. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 27(3): 784–793.
- Kılıç, A. ve Öndoğan, Z.** (2021). *Moda tasarımıda ergonomi ve antropometri* (1. Basım), Ankara: İksad Yayınevi.
- Kumar, S.** (2019), "Scaffolding and Temporary Structures: A Historical Perspective," *Construction History Society*.
- Kunar, B. M., Aruna, M., & Kar, M. B.** (2021). "Postural analysis of dumper operators and construction workers - a case study", *Journal of Mines, Metals & Fuels*, vol. 69, no. 6, p. 180. ISSN: 0022-2755.
- Köksüz A.** (2019). Her alanda ergonomi. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi* 2(1): 3–24.

- Landekić, M., Bačić, M., Bakarić, M., Šporčić, M., & Pandur, Z.** (2023). "Working Posture and the Center of Mass Assessment While Starting a Chainsaw: A Case Study among Forestry Workers in Croatia", *Forests*, vol. 14, no. 2, p. 395. DOI: 10.3390/f14020395.
- Ladou, J., Harrison, R.,** (2014). *Current Occupational and Environmental Medicine* 5th edition. New York: McGraw-Hill Education LLC.
- Lee K.** (2005). Ergonomics in total quality management: How can we sell ergonomics to management *Journal of Ergonomics* 48(5): 547-558.
- Lee, T.-H., & Han, C.-S.** (2015). Analysis of Working Postures at a Construction Site Using the OWAS Method, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 245-250. DOI: 10.1080/10803548.2013.11076983.
- Levy, B. S., Wegman, D. H.** (2000), "Occupational health: recognizing and preventing work-related disease and injury", 4th edn., Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Li, X., Gül, M., & Al-Hussein, M.** (2019). "Towards an Ergonomic Assessment Framework for Industrial Assembly Workstations—A Case Study", *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 70, pp. 58-69. DOI: 10.3390/ijerph192316120.
- Li, Z., Zhang, R., Lee, C.-H., & Lee, Y.-C.** (2020). An Evaluation of Posture Recognition Based on Intelligent Rapid Entire Body Assessment System for Determining Musculoskeletal Disorders. *Sensors*, 20(16), 4414. <https://doi.org/10.3390/s20164414>.
- Liao, L., Liao, K., Wei, N., Ye, Y., Li, L., & Wu, Z.** (2023). "A holistic evaluation of ergonomics application in health, safety, and environment management research for construction workers", *Safety Science*, vol. 165, p. 106198. DOI: 10.1016/j.ssci.2023.106198.
- Lins, C., & Hein, A.** (2022). Classification of body postures using smart workwear, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(921). DOI: 10.1186/s12891-022-05821-9.
- Lu, J.-M., Twu, L.-J., & Wang, M.-J.J.** (2015). Risk assessments of work-related musculoskeletal disorders among the TFT-LCD manufacturing operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*. DOI: 10.1016/j.ergon.2015.08.004.
- Manghisi, V. M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Bevilacqua, V., Trotta, G. F., & Monno, G.** (2022). "Real time RULA assessment using Kinect v2 sensor", *Applied Ergonomics*, vol. 93, p. 103341. DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103341.
- McAtamney L. ve Corlett E.N.,** (1993). "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders," *Applied Ergonomics*, vol. 24, no. 2, pp. 91-99, 1993.
- Menegon, L., Campos, Q., Tonin, A., Sticca, G., Souza, J., Volpe, L. ve Rossi, T.** (2012). Posture Observer for Ergonomic Observation, Posture Analysis and Reconstruction. ABD Patent: US 20120265104 A1.
- Mork, M. A., & Choi, S. D.** (2015). An ergonomic assessment of sample preparation job tasks in a chemical laboratory. *Journal of Chemical*

- Murphy, L., Robertson, M., & Carayon, P.** (2014). "Micro and Macro Ergonomics - LITERATURE REVIEW", 1Library.
- Nayak, G. K., & Kim, E.** (2021). "Development of a fully automated RULA assessment system based on computer vision", *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 86, p. 103218. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103218.
- Noor MHH., Raja Ghazilla RA.** (2020). Physical ergonomics awareness in an offshore processing platform among Malaysian oil and gas workers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 26 (3): 521–537.
- Olanrewaju, A., & Idrus, A.** (2020). "An investigation into occupational health and safety of scaffolding practices on construction sites in Malaysia", *Emerald Insight*.
- Omidi, M., Van de Perre, G., Hota, R. K., Cao, H. L., Saldien, J., Vanderborcht, B., & El Makrini, I.** (2023). "Improving Postural Ergonomics during Human-Robot Collaboration Using Particle Swarm Optimization: A Study in Virtual Environment", *Applied Sciences*, vol. 13, no. 9, p. 5385. DOI: 10.3390/app13095385.
- Önal B.** (2007). Kas İskelet Sistemi Hastalıklarının Ülkemizdeki Durumu ve İlgili Yasal Düzenlemeler, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 34; 15-17.
- Özel E., Çetik O.** (2010). Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar ve Bir Uygulama Örneği, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22; 41-56.
- Pala, K., Vaizoğlu, S.A., Güler, Ç.** (2004). Duruş ve Ağırlık Kaldırma, Güler Ç. (Ed.), *Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İçin*, (s. 255-290), Palme yayıncılık: Ankara.
- Palikhe, S., Lee, J. Y., Kim, B., Yirong, M., & Lee, D. E.** (2022). Ergonomic Risk Assessment of Aluminum Form Workers' Musculoskeletal Disorder at Construction Workstations Using Simulation. *Sustainability*, 14(7), 4356. <https://doi.org/10.3390/su14074356>.
- Park, J.-S., Lee, D.-G., Jimenez, J. A., Lee, S.-J., & Kim, J.-W.** (2023). Human-Focused Digital Twin Applications for Occupational Safety and Health in Workplaces: A Brief Survey and Research Directions. *Applied Sciences*, 13(7), 4598. <https://doi.org/10.3390/app13074598>.
- Ponsiglione, A. M., Ricciardi, C., & Capodaglio, E.** (2022). "Wearable Sensors and Artificial Intelligence for Physical Ergonomics: A Systematic Review of Literature", *Diagnostics*, vol. 12, no. 12, p. 3048. DOI: 10.3390/diagnostics12123048.
- Rajendran, M., Sajeev, A., Shanmugavel, R., & Rajpradeesh, T.** (2021). "Ergonomic evaluation of workers during manual material handling", *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, part 17, pp. 7770-7776. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.02.283.

- Ratushnyi, R., & Stakhanska, O.** (2024). Ergonomic interventions and endodontic treatment outcomes: An analysis of dentist working posture and error rates. *The Saudi Dental Journal*, 36(3), 466-470. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.12.006>.
- Robert, J. M., & Brangier, E.** (2009). "The Role of Trust and Acceptance in the Use of New Technologies: An Approach Integrating the Human-Computer Interaction, Ergonomics and Psychology", in D. Harris (ed.), *Lecture Notes in Computer Science (LNISA, volume 5624)*, International Conference on Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers, pp. 235-244.
- Robertson, M.M., Huang, Y.H., Lee, J.** (2017). "Modern Workplace Ergonomics and Productivity – A Systematic Literature Review", *Applied Ergonomics*, vol. 62, pp. 182-196. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.02.017.
- Rodgers, J. L., Nicewander, W.A.** (1988). Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient, *The American Statisticians*,42(1), 59-66p.
- Sabancı, A., Sümer, S. K.** (2015). *Ergonomi, Nobel Yayınları, Gözden Geçirilmiş 3. Baskı*, ISBN 978-605-5426-79-8.
- Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği.** (2013). Resmî Gazete Sayısı: 28762.
- Sağioğlu, H., Coşkun, M.B., Erginel, N.** (2015). Reba İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*,3 (3), Ös: Ergonomi 2015, 339-345, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Salisu, S., Ruhaiyem, N. I. R., Eisa, T. A. E., Nasser, M., Saeed, F., & Younis, H. A.** (2023), "Motion Capture Technologies for Ergonomics: A Systematic Literature Review", *Diagnostics*, vol. 13, no. 15, p. 2593. DOI: 10.3390/diagnostics13152593.
- Salmon, P. M., & Plant, K. L.** (2022), "Distributed situation awareness: From awareness in individuals and teams to the awareness of technologies, sociotechnical systems, and societies", *Applied Ergonomics*, vol. 98, p. 103599. DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103599.
- Saptari, A., Ng, P. K., Junardi, M., & Taslim, A.** (2023), "A Feasibility Study on the Conversion from Manual to Semi-Automatic Material Handling in an Oil and Gas Service Company", *Safety*, vol. 9, no. 1, p. 16. DOI: 10.3390/safety9010016.
- Sawicki, M. & Szóstak, M.** (2020), "Quantitative Assessment of the State of Threat of Working on Construction Scaffolding", *Intl. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 16, pp. 5773.
- Schachter, H. L.** (2016), "Taylor, Frederick Winslow (1856–1915)", in Augier, M., Teece, D. (eds) *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management*, Palgrave Macmillan. DOI: 10.1057/978-1-349-94848-2\_659-1.
- Schneider, E., Irastorza, X.,** (2010). European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), *OSH in figures:Work-related musculoskeletal disorders in the EU —Facts and figures*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- Senjaya, W. F., Yahya, B. N., & Lee, S. L.** (2023), "Ergonomic risk level prediction framework for multiclass imbalanced data", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 184, p. 109556. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109556.
- Singh, D., & Fareq, R. U.** (2024). Ergonomic Evaluation of Farm Women's Drudgery in Rice Production System: Current Research Trends. *Agriculture Association of Textile Chemical and Critical Reviews Journal*, 29-36.
- Silva, T., Sousa, C., Colim, A., Rodrigues, M. A.** (2024), "Understanding Musculoskeletal Loadings among Supermarket Checkout Counter Cashiers: A Biomechanical Analysis", *Safety*, vol. 10, no. 1, p. 21. DOI: 10.3390/safety10010021.
- Takala E., Pehkonen I., Forsman M., Hansson GA., Mathiassen SE., Neumann WP., Sjøgaard G., Veiersted KB., Westgaard RH., Winkel J.** (2010). Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand J Work Environ Health* 36, 3 – 24 (doi:10.5271/sjweh.2876).
- Tayyari F., Smith J.** (1997), *Occupational Ergonomics: Principles and applications*. London: Chapman & Hall. 3: 1-19.
- Teixeira, R. C. M., Guimarães, W. P. S., Ribeiro, J. G., Fernandes, R. A., Nascimento, L. B. F., Torné, I. G., Cardoso, F. S., & Monteiro, G. R.** (2022), "Analysis of the Reduction of Ergonomic Risks through the Implementation of an Automatic Tape Packaging Machine", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 22, p. 15193. DOI: 10.3390/ijerph192215193.
- TS EN 74 -1** (2008), İskeleler-Boru ve birleştirme elemanlarından oluşan Birleştirme elemanları, gevşek geçmeli kılavuzlar ve taban plakaları- Özellikler ve deney işlemleri.
- TS EN 12810-1.** (2005), Ön yapımlı bileşenlerden oluşan cephe iskeleleri- Bölüm 1: Mamul özellikleri.
- TS EN 12811-1.** (2015). Geçici iş donanımları- Bölüm 1: İş iskeleleri- Performans gerekleri ve genel tasarım.
- Uğur N., Koyuncu A., Kaymak B.** (2018). İşe bağlı Kas ve İskelet Sistemi Hastalıkları. Yıldız, A.N., Sandal, A. (Ed.) *Meslek Hastalıkları işle İlgili Hastalıklar (Seçilmiş Başlıklarda)* (s.201-210). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Umeda, S., Yoshikawa, N., & Seo, Y.** (2022). Cost and Workload Assessment of Agricultural Drone Sprayer: A Case Study of Rice Production in Japan. *Sustainability*, 14(17), 10850. <https://doi.org/10.3390/su141710850>.
- Vijayakumar, R., & Choi, J.** (2022). "Emerging Trends of Ergonomic Risk Assessment in Construction Safety Management: A Scientometric Visualization Analysis", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 23, p. 16120. DOI: 10.3390/ijerph192316120.
- Villalobos, A., & Mac Cawley, A.** (2022). "Prediction of slaughterhouse workers' RULA scores and knife edge using low-cost inertial measurement sensor

units and machine learning algorithms", *Applied Ergonomics*, vol. 98, p. 103556. DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103556.

- Villacís Jara, H., Zambrano Orejuela, I., & Baydal-Bertomeu, J. M.** (2022). "Study of the ergonomic risk in operators of an assembly line using the RULA method in real working conditions through the application of a commercial sensor", *Materials Today: Proceedings*, vol. 49, part 1, pp. 122-128. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.07.482.
- Wang, D., Dai, F., & Ning, X.** (2015), Risk Assessment of Work-Related Musculoskeletal Disorders in Construction: State-of-the-Art Review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 04015008. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000979.
- Wahyudi MA., Dania WAP., Silalahi RLR.** (2015), Work posture analysis of manual material handling using OWAS method, In: *International Conference on Agro-Industry - Competitive and Sustainable Agro-Industry for Human Welfare (IcoA)*, 195-199, Yogyakarta, Indonesia.
- Webb, B.** (2024). "The History of Scaffolding," <https://www.avontus.com/blog/history-of-scaffolding/> Erişim tarihi 16.06.2024
- Whitford B. A.** (2005). Correlations, *Encyclopaedia of Social Measurement*, Pages 523-529.
- Wren, A. D.** (2011). "The Centennial of Frederick W. Taylor's *The Principles of Scientific Management: A Retrospective Commentary*", *Journal of Business and Management*, vol. 17, no. 1, pp. 11-22. ISSN: 1535-668X.
- Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.** (2013). Resmî Gazete Sayısı: 28786.
- Yang, Y., Lyu, L., Han, Z., Fan, Y., & Li, H.** (2023). Ergonomics assessment of the overhead maintenance of vehicle-mounted radar antenna using digital human modelling, *Advanced Design Research*, 1, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.ijadr.2023.09.00.1>.
- Young, M., Brookhuis, K., Wickens, C., & Hancock, P.** (2022), "Cognitive Ergonomic Evaluation Metrics and Methodology for Interactive Information Systems", SpringerLink.
- 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu.** (2006), Resmî Gazete Sayısı: 26200.
- 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.** (2012), Resmî Gazete Sayısı: 28339.

## EKLER

### Ek-1: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI						A1	
Üst Kol Postür Puanı		3		RULA A Puanı		4	
Alt Kol Postür Puanı		2					
Bilek Postür Puanı		3					
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı						2	
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı						7	
Boyun Postür Puanı		3		RULA B Puanı		6	
Gövde Postür Puanı		4					
Bacakların Postür Puanı		2					
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı						2	
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı						9	
Bilek, El ve Kol Puanı		7		RULA C Puanı (Sonuç Puanı)		7	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı		9					

## Ek-2: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A1	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	6	
Gövde Postür Puanını	4			
Bacak Postür Puanını	2			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>0</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		6		
Üst Kol Postür Puanı	2+1=3	REBA B Tablosu Puanı	5	
Alt Kol Postür Puanı	2			
Bilek Postür Puanı	2+1=3			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		6		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		8		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		9		

### EK-3: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEğERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A1
Sırt Postürünün Puanı	4	OWAS Sonuç Puanı	2
Kol Postürünün Puanı	1		
Bacak Postürünün Puanı	7		
Yük (Kuvvet) Puanı	1		

#### Ek-4: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI						A2	
Üst Kol Postür Puanı		4		RULA A Puanı		5	
Alt Kol Postür Puanı		2					
Bilek Postür Puanı		2					
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı						3	
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı						9	
Boyun Postür Puanı		4		RULA B Puanı		6	
Gövde Postür Puanı		2					
Bacakların Postür Puanı		2					
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı						3	
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı						10	
Bilek, El ve Kol Puanı		9		RULA C Puanı (Sonuç Puanı)		7	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı		10					

## Ek-5: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A2	
Boyun Postür Puanını	2+1=3	REBA A Tablosu Puanı	5	
Gövde Postür Puanını	3			
Bacak Postür Puanını	1			
Yük (Kuvvet) Puanı	2			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		7		
Üst Kol Postür Puanı	4+1=5	REBA B Tablosu Puanı	8	
Alt Kol Postür Puanı	2			
Bilek Postür Puanı	2			
Kavrama Puanı	2			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		10		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		11		
Aktivite Puanı	1			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		12		

## Ek-6: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI		A2	
Sırt Postürünün Puanı	2	OWAS Sonuç Puanı	4
Kol Postürünün Puanı	3		
Bacak Postürünün Puanı	7		
Yük (Kuvvet) Puanı	3		

## Ek-7: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI						A3	
Üst Kol Postür Puanı		4		RULA A Puanı		5	
Alt Kol Postür Puanı		2+1=3					
Bilek Postür Puanı		3					
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı						3	
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı						9	
Boyun Postür Puanı		4		RULA B Puanı		7	
Gövde Postür Puanı		3					
Bacakların Postür Puanı		2					
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı						3	
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı						11	
Bilek, El ve Kol Puanı		5		RULA C Puanı (Sonuç Puanı)		7	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı		7					

## Ek-8: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A3	
Boyun Postür Puanını	2+1=3	REBA A Tablosu Puanı	7	
Gövde Postür Puanını	3+1=4			
Bacak Postür Puanını	2			
Yük (Kuvvet) Puanı	2			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		9		
Üst Kol Postür Puanı	4+1=5	REBA B Tablosu Puanı	8	
Alt Kol Postür Puanı	2			
Bilek Postür Puanı	2			
Kavrama Puanı	2			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		10		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		12		
Aktivite Puanı	1			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		13		

## Ek-9: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A3
Sırt Postürünün Puanı	4	OWAS Sonuç Puanı	3
Kol Postürünün Puanı	2		
Bacak Postürünün Puanı	7		
Yük (Kuvvet) Puanı	2		

**Ek-10: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi**

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A4				
Üst Kol Postür Puanı	3	RULA A Puanı	4				
Alt Kol Postür Puanı	1						
Bilek Postür Puanı	3						
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı			3				
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı			8				
Boyun Postür Puanı	3	RULA B Puanı	3				
Gövde Postür Puanı	2						
Bacakların Postür Puanı	1						
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı			3				
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı			7				
Bilek, El ve Kol Puanı	8	RULA C Puanı (Sonuç Puanı)	7				
Boyun, Gövde, Bacak Puanı	7						

### Ek-11: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A4	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	3	
Gövde Postür Puanını	2			
Bacak Postür Puanını	1			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>2</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		5		
Üst Kol Postür Puanı	3	REBA B Tablosu Puanı	4	
Alt Kol Postür Puanı	1			
Bilek Postür Puanı	2			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		5		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		6		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		7		

## Ek-12: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEğERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI		A4	
Sırt Postürünün Puanı	2	OWAS Sonuç Puanı	3
Kol Postürünün Puanı	1		
Bacak Postürünün Puanı	5		
Yük (Kuvvet) Puanı	2		

**Ek-13: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi**

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A5				
Üst Kol Postür Puanı	4	RULA A Puanı	5				
Alt Kol Postür Puanı	2+1						
Bilek Postür Puanı	3						
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı			8				
Boyun Postür Puanı	3+1	RULA B Puanı	7				
Gövde Postür Puanı	4+1						
Bacakların Postür Puanı	1						
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı			10				
Bilek, El ve Kol Puanı	8	RULA C Puanı (Sonuç Puanı)	7				
Boyun, Gövde, Bacak Puanı	10						

**Ek-14: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi**

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A5	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	7	
Gövde Postür Puanını	4+1			
Bacak Postür Puanını	2			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>0</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		7		
Üst Kol Postür Puanı	3	REBA B Tablosu Puanı	4	
Alt Kol Postür Puanı	1			
Bilek Postür Puanı	2			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		5		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		9		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		10		

### Ek-15: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI		A5	
Sırt Postürünün Puanı	4	OWAS Sonuç Puanı	4
Kol Postürünün Puanı	1		
Bacak Postürünün Puanı	6		
Yük (Kuvvet) Puanı	1		

**Ek-16: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi**

<b>RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ</b>							
<b>UYGULANAN İSKELE EKİPMANI</b>						A6	
Üst Kol Postür Puanı		3		RULA A Puanı		4	
Alt Kol Postür Puanı		1					
Bilek Postür Puanı		3					
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı						2	
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı					7		
Boyun Postür Puanı		3		RULA B Puanı		4	
Gövde Postür Puanı		3					
Bacakların Postür Puanı		1					
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı						2	
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı						1	
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı					7		
Bilek, El ve Kol Puanı		7		RULA C Puanı (Sonuç Puanı)		7	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı		7					

## Ek-17: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A6	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	3	
Gövde Postür Puanını	2			
Bacak Postür Puanını	1			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		4		
Üst Kol Postür Puanı	3	REBA B Tablosu Puanı	4	
Alt Kol Postür Puanı	1			
Bilek Postür Puanı	2			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		5		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		5		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		6		

## Ek-18: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI		A6	
Sırt Postürünün Puanı	3	OWAS Sonuç Puanı	1
Kol Postürünün Puanı	2		
Bacak Postürünün Puanı	3		
Yük (Kuvvet) Puanı	1		

**Ek-19: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi**

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A7				
Üst Kol Postür Puanı	2	RULA A Puanı	3				
Alt Kol Postür Puanı	2						
Bilek Postür Puanı	1						
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı			6				
Boyun Postür Puanı	2	RULA B Puanı	2				
Gövde Postür Puanı	2						
Bacakların Postür Puanı	1						
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı			5				
Bilek, El ve Kol Puanı	6	RULA C Puanı (Sonuç Puanı)	5				
Boyun, Gövde, Bacak Puanı	5						

## Ek-20: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A7	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	4	
Gövde Postür Puanını	3			
Bacak Postür Puanını	1			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>1</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		5		
Üst Kol Postür Puanı	2	REBA B Tablosu Puanı	2	
Alt Kol Postür Puanı	1			
Bilek Postür Puanı	2			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>0</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU		2		
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		4		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		5		

## Ek-21: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEğERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A7
Sırt Postürünün Puanı	2	OWAS Sonuç Puanı	3
Kol Postürünün Puanı	2		
Bacak Postürünün Puanı	4		
Yük (Kuvvet) Puanı	1		

## Ek-22: RULA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

RULA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ							
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A8				
Üst Kol Postür Puanı	2	RULA A Puanı	3				
Alt Kol Postür Puanı	1						
Bilek Postür Puanı	3						
Bilek, El ve Kol Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Bilek, El ve Kol Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
A Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Bilek, El ve Kol Puanı	
Bilek, El ve Kol Puanı			6				
Boyun Postür Puanı	3	RULA B Puanı	5				
Gövde Postür Puanı	4						
Bacakların Postür Puanı	1						
Boyun, Gövde, Bacak Yük (Kuvvet) Puanı			2				
Boyun, Gövde, Bacak Kaslarının Kullanım Süresi Puanı			1				
B Tablosu Puanı	+	Kas Kullanım Süresi Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	Boyun, Gövde, Bacak Puanı	
Boyun, Gövde, Bacak Puanı			8				
Bilek, El ve Kol Puanı	6	RULA C Puanı (Sonuç Puanı)	7				
Boyun, Gövde, Bacak Puanı	8						

### Ek-23: REBA Ergonomik Risk Değerlendirmesi

REBA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ				
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI			A8	
Boyun Postür Puanını	2	REBA A Tablosu Puanı	6	
Gövde Postür Puanını	4			
Bacak Postür Puanını	2			
<b>Yük (Kuvvet) Puanı</b>	<b>0</b>			
REBA A Tablosu Puanı	+	Yük (Kuvvet) Puanı	=	A Skoru
A SKORU		6		
Üst Kol Postür Puanı	3	REBA B Tablosu Puanı	5	
Alt Kol Postür Puanı	2			
Bilek Postür Puanı	2			
<b>Kavrama Puanı</b>	<b>0</b>			
REBA B Tablosu Puanı	+	Kavrama Puanı	=	B Skoru
B SKORU				
A ve B Skoru Kullanımıyla tablodan C skoru elde edilir.				
C SKORU		8		
<b>Aktivite Puanı</b>	<b>1</b>			
C Skoru	+	Aktivite Puanı	=	REBA Sonuç Puanı
REBA Sonuç Puanı		9		

## Ek-24: OWAS Ergonomik Risk Değerlendirmesi

OWAS ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ			
UYGULANAN İSKELE EKİPMANI		A8	
Sırt Postürünün Puanı	4	OWAS Sonuç Puanı	2
Kol Postürünün Puanı	2		
Bacak Postürünün Puanı	7		
Yük (Kuvvet) Puanı	1		

## ÖZGEÇMİŞ

Hakan ERDOĞAN

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lise:** 1996, Amasya Anadolu Öğretmen Lisesi.
- **Lisans:** 2001, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.
- **Lisans:** 2023, İstanbul Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği.
- **Yüksek Lisans (Tezsiz):**2017, Uludağ & Işık Üniversiteleri, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş sağlığı ve Güvenliği.
- **Yüksek Lisans (Tezli):**2019, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş sağlığı ve Güvenliği.
- **Doktora:** 2024, İstanbul Gedik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş sağlığı ve Güvenliği.

### SERTİFİKALAR

- A Sınıfı İGU
- PGD /KKD Denetçisi
- 45001 Baş Denetçi
- NEBOSH IGC
- NEBOSH Tutor
- Grad IOSH , IOSH Managing Safely
- OSHA 30 H Construction (Amerika Çalışma Bakanlığı)
- OSHA 30 H General Industry (Amerika Çalışma Bakanlığı)
- CFPA OLAY Soruşturma ve Kök Neden Analizi

- OSHAcademy Oil and Gas Safety and Health Professional
- OSHAcademy Occupational Safety and Health Professional General Industry
- OSHAcademy Construction Safety and Health Professional
- EM 385-1-1 Safety and Health Requirements
- ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi
- ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi
- ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi

#### YAPILAN AKADEMİK ÇALIŞMALAR

- **Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2024). Analysis of working postures in scaffold activities using OWAS method: A case study at Amur gas processing plant. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(5), 12529-12538, <https://kuey.net/> doi:10.53555/kuey.v30i5.5173
- **Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2024). İskele faaliyetlerinin ergonomik risk değerlendirme yöntemi NIOSH ile incelenmesi: Rafineri inşaatı örneği. In İ. Aslan (Ed.), *İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Kitabı II* (pp.591). Nobel Bilimsel Eserler.
- **Erdoğan, H., Yağimli, M., & Tozan, H.** (2023, October 25-28). Analysis of scaffold activities using the ergonomic risk assessment method RULA (Rapid Upper Limb Assessment): A case study on refinery construction. II. Uluslararası XI. Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi (Conference presentation). Adana, Türkiye.
- **Erdoğan, H., & Yağimli, M.** (2021). Analysis of manually cable pulling process in refinery construction site on the pipe rack with OWAS. *Yönetim Araştırmaları Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu-YÖNAR-MU 2021* (Conference presentation). Istanbul, Turkey.
- **Erdoğan, H., & Yağimli, M.** (2021). Tekstil sektöründe iş sağlığı ve güvenliği. In İ. Aslan (Ed.), *İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Yönetimi* (pp. 327). Nobel Akademik Yayıncılık.

- **Erdoğan, H., & Yağimli, M.** (2021). İnşaatlarda güvenlik ağı uygulamaları. In A. Çabuk, M. E. Karaçuha, & P. Baykan (Eds.), Sağlık Emniyet Güvenlik (pp.183). Nobel Akademik Yayıncılık.
- **Erdoğan, H., & Yağimli, M.** (2021). Gıda Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunları. In A. Çabuk, M. E. Karaçuha, & P. Baykan (Eds.), Sektörel Değerlendirmelerde Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunları (pp.317). Paradigma Akademik Yayıncılık.
- **Erdoğan, H., Yağimli, M. & Güneri Nejat O.** (2020). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Ulusal ve Uluslararası Kaynakları ve Kurumsal Yapısı, In B.Arpat, M. Kaan Namal (Ed.), İş Sağlığı ve Güvenliği (pp.29).Gazi Akademik Kitapevi.
- **Erdoğan, H.&Yağimli, M.** (2020). Çalışma Hayatında İş Sağlığı ve Güvenliği Denetimleri ve İstatistikleri, In B.Arpat, M. Kaan Namal (Ed.), İş Sağlığı ve Güvenliği (pp.361).Gazi Akademik Kitapevi.
- **Erdoğan, H., Ozmen, M., Ozkan, M., & Senturk, A.** (2023, October 25-28). Lighting problems and solution proposals in the foundry industry. II. Uluslararası XI. Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi (Conference presentation). Adana, Türkiye.
- **Erdoğan, H., Ozmen, M., Ozkan, M., & Senturk, A.** (2023). Kaynak sırasında oluşan gaz, duman ve tozların insan sağlığına etkileri ve önerilen iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri. Kaynak Teknolojisi 13. Ulusal Kongre (Conference presentation). Ankara, Türkiye.
- **Erdoğan, H., Şahinoğlu, A. A., & Kaplan, A.** (2024). Lojistik işlerinde iş sağlığı ve güvenliği. In İ. Aslan (Ed.), İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Kitabı II (pp. 633). Nobel Bilimsel Eserler.
- **Erdoğan, H., Erdoğan, E., & Aslan, H.** (2024). Hayvancılık, süt ve süt ürünleri imalatında iş sağlığı ve güvenliği. In İ. Aslan (Ed.), İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Kitabı II (pp. 515). Nobel Bilimsel Eserler.
- **Erdoğan, H., Şahinoğlu, P., & Ersoy, A.** (2024). Ekranlı araçlarla çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği. In İ. Aslan (Ed.), İş Sağlığı ve Güvenliği Sektörel Kitabı II (pp. 277). Nobel Bilimsel Eserler.

- TMMOB, II. Uluslararası XI. Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi, Bilim Kurulu Üyeliği.
- 2. Uluslararası Endüstriyel ve Çevresel Toksikoloji Kongresi Bilim Kurulu Üyeliği.

